



저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

Ad hoc 네트워크에서 전달지연을 고려한
전력인지 라우팅 프로토콜



2011년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

컴 퓨 터 공 학 과

최 홍 석

공 학 석 사 학 위 논 문

Ad hoc 네트워크에서 전달지연을 고려한
전력인지 라우팅 프로토콜

지도교수 서 경 룡

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.



2011년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

컴 퓨 터 공 학 과

최 홍 석

최홍석의 공학석사 학위논문을
인준함.

2011년 8월 25일



목 차

요약	vi
Abstract	vii
1. 서론	1
1.1. 연구의 필요성	1
1.2. 논문의 구성	3
2. 관련 연구	4
2.1. MANET(Mobile Ad hoc Network)	4
2.2. Mobile Ad hoc Networks의 고려사항	5
2.2.1. 물리/링크 계층 특성	5
2.2.2. Quality of Service(QoS)	6
2.2.3. 에너지 관리	7
2.2.4. 응용분야	7
2.2.5. 보안	8
2.3. Mobile Ad hoc Networks 프로토콜	9
2.3.1. MANET 라우팅 프로토콜	9
2.3.1.1. proactive 라우팅 프로토콜	9
2.3.1.2. reactive 라우팅 프로토콜	10
2.3.1.3. Hybrid 라우팅 프로토콜	11
2.3.2. 주요 라우팅 프로토콜	12
2.3.2.1. DSDV	12
2.3.2.2. DSR	14
2.3.2.3. AODV	15
2.3.2.4. ZRP	18
2.3.3. MANET 라우팅 프로토콜의 정의	19

3. 전달지연을 고려한 전력인지 라우팅	21
3.1. QoS를 고려한 라우팅	21
3.2. 전력소모를 고려한 라우팅	22
3.3. 전달지연을 고려한 전력인지 라우팅	25
3.3.1. 경로요청	26
3.3.2. 경로설정	27
4. 성능평가	30
4.1. 성능평가 환경	30
4.2. 결과 및 고찰	30
5. 결론	35
참고문헌	37



그 림 목 차

(그림 1) Infrastructrue 개념도	4
(그림 2) Mobile Ad Hoc Network 개념도	5
(그림 3) proactive 프로토콜 노드 위치 변경 전	9
(그림 4) proactive 프로토콜 노드 위치 변경 후	10
(그림 5) reactive 프로토콜	11
(그림 6) Hybird 프로토콜	12
(그림 7) DSDV 라우팅	13
(그림 8) DSR 라우팅	14
(그림 9) AODV 라우팅 - A에서 I 까지의 경로요청	16
(그림 10) AODV 라우팅 - I에서 A 까지의 경로응답	17
(그림 11) ZRP 라우팅	18
(그림 12) MANET에서의 전송경로	19
(그림 13) MANET 라우팅	24
(그림 14) 경로요청	29

표 목 차

(표 1) DSDV 라우팅 테이블	13
(표 2) 경로설정에 따른 패킷전송 성공률	31
(표 3) 경로설정에 따른 시스템의 잔존전력	32
(표 4) 경로설정에 따른 전달지연비교	33
(표 5) 경로설정에 따른 경로의 소요전력비교	33



수 식 목 차

(수식 1) MANET 라우팅	20
(수식 2) 대역폭(W)을 고려한 라우팅	21
(수식 3) 전달지연(δ)을 고려한 라우팅	22
(수식 4) 전력인지 라우팅 경로요청	23
(수식 5) 전력인지 라우팅 경로설정	24
(수식 6) 경로요청 프로시저	26
(수식 7) 경로설정 프로시저	28



Ad hoc 네트워크에서 전달지연을 고려한

전력인지 라우팅 프로토콜

최 홍 석

부 경 대 학 교 대 학 원 컴 퓨 터 공 학 과

요약

MANET(Mobile Ad hoc Network)은 주 전력을 배터리로 사용하는 노드들로 구성되는 네트워크이다. 노드들의 전력 소모에 따라 네트워크의 수명은 짧아진다. 이전의 전력인지 라우팅 프로토콜은 각 노드의 전력소비를 최소화 하여 네트워크의 수명을 연장할 수 있도록 하지만 프로토콜의 특성상 전달지연을 증가시키는 경향이 있어 전달지연이 중요한 멀티미디어 전송에는 적용하기 어렵다.

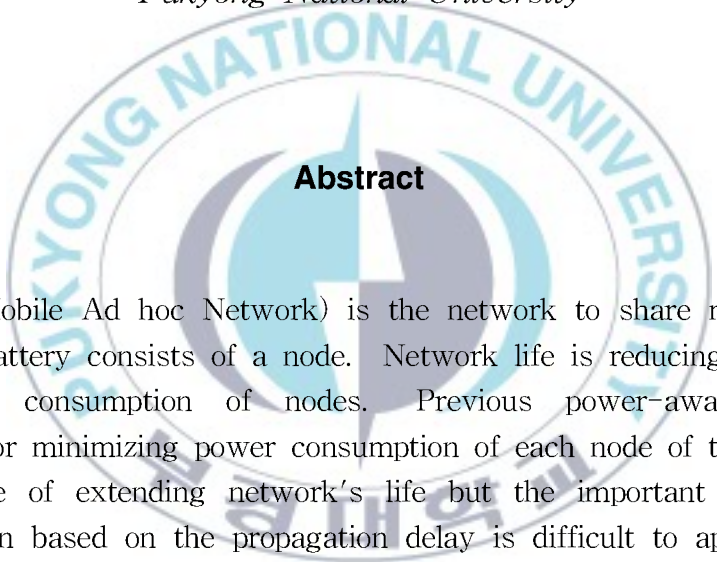
본 논문에서는 기존의 전력인지 라우팅에서 전달지연을 보완하기 위해 허용오차를 제공함으로써 전달지연 요소의 하나인 hop 수를 줄여 전력을 최소화 하면서 전달지연을 동시에 고려할 수 있는 전달지연을 고려한 전력인지 라우팅 프로토콜을 제안하였다.

Power Aware Routing Protocol with Delay consideration for ad hoc Network

Hongseok Choi

Department of Computer Engineering, Graduate School,

Pukyong National University



Abstract

MANET(Mobile Ad hoc Network) is the network to share main power with the battery consists of a node. Network life is reducing depending on power consumption of nodes. Previous power-aware routing protocols for minimizing power consumption of each node of the network are capable of extending network's life but the important multimedia transmission based on the propagation delay is difficult to apply due to the fact that delivery delay on the nature of the protocol is likely to increase.

In this thesis, the existing routing of the power provides the tolerance to compensate delivery delay so that minimizing the power by reducing hop 수 which is one of reason for delivery delay and considering the delay at the same time. Consequently the power aware routing protocol has been proposed.

1. 서론

1.1. 연구의 필요성

항상 타 네트워크나 인터넷에 접속이 가능한 Access Point와 같은 고정된 인프라 네트워크가 없이 무선 단말장치로만 구성되는 MANET(Mobile Ad hoc Network)는 군사적 목적으로 연구, 개발되었으나 특유의 유연성에 힘입어 재해환경, 인프라 구성이 어렵거나 비용이 소모되는 한시적 네트워크, 홈 네트워크 등에 광범위하게 활용되고 있다[1-4]. MANET에서는 통신이 필요할 경우 노드 간 직접적인 접근하여 데이터를 전송하고 만약 직접적으로 접근할 수 없는 경우 목적노드까지의 중간 노드를 경유하여 데이터를 전송한다. 이로 인해 목적노드로 통신을 위한 수많은 경로가 존재할 수 있으므로 적절하게 목적노드까지의 경로를 구하는 라우팅 프로토콜이 필수적이다.

MANET에서 시작노드에서 목적노드까지의 전송품질을 다루는 QoS(Quality of Service), 주 전력을 배터리로 사용하면서 야기되는 시스템 네트워크의 생존시간을 다루는 전력소비, 무선 통신에서 태생적인 문제인 보안등이 고려되어야 할 중요한 사항이다. 이 중 본 논문에서는 전송품질을 다루는 QoS와 시스템 생존시간을 다루는 전력소비를 논의하고자 한다. 먼저 전력소비 문제에서 각 노드는 통상적으로 주 전력을 제한적인 전력을 가진 배터리를 사용하므로 네트워크를 구성하는 각 단말들이 배터리를 전부 소모하게 되면 MANET을 구성하기가 어려워진다. 이 때문에 전력소비

를 고려한 다양한 라우팅 프로토콜이 개발되었다[5-9].

통상의 전력인지 라우팅 프로토콜은 통신이 필요한 각 노드간의 경로를 설정하는데 그 경로에 소모되는 소비전력을 최소화 하도록 한다. 최소한의 전력을 사용하므로 얻을 수 있는 이점은 시스템의 생존시간을 최대한 늘이는데 있다.

두 번째로는 많은 노드를 경유함으로써 생길 수 있는 전송품질의 문제이다. MANET에서 고려되는 QoS 로는 크게 대역폭과 전달지연이 있다 [5,11]. 대역폭은 무선 통신에서 사용되는 주파수의 범위이며, 전달지연은 데이터를 보내고자 하는 소스노드에서 데이터가 도착되어야 하는 목적노드까지의 전송시간이다. 대역폭의 경우 대역폭이 클수록 데이터의 전송량은 늘어나지만 로스패킷도 늘어나는 경향이 있다. 전달지연의 경우 소스노드에서 목적노드까지의 수많은 경로 중 얼마나 많은 노드를 거치고 가느냐에 따라 전송시간은 확연히 차이가 난다.

대역폭의 경우 전력소비와 관련하여 거의 독립적으로 동작하는 지표이기 때문에 비교적 쉽게 특정 대역폭을 만족하면서 전력소비를 최소화 하는 경로를 구할 수 있다. 하지만 전달지연의 경우 근거리의 있는 노드를 경유하여 목적노드에 도착할 경우 전력소비가 줄어들지만 전달지연이 늘어나고 원거리의 노드를 경유 하여 목적노드에 도착할 경우 전달지연은 줄어들지만 전력소비가 증가한다. 이와 같이 전달지연과 전력소비와 서로 상충되므로 전력소비를 최소화 하는 프로토콜일 경우 MANET의 사용 목적에 따라 전달지연을 고려하지 않을 수 없다.

본 논문에서는 전력소비를 최소화 하면서 적절한 전달지연을 보장 하는 라우팅 프로토콜을 제안한다. 전력소모가 일정한 한도 내에 있는 경로의

집합을 구하고 여기에서 전달지연을 고려하여 경로 선택을 할 수 있도록 하였다. reactive 라우팅 프로토콜의 하나인 on-demand 방식을 사용하였고 경로 설정을 통하여 루프로 빠지는 것을 방지 하였다. 제안된 프로토콜은 여러 가지 조건에서 기존의 라우팅 방식과 비교하여 성능을 검증하였다.

1.2. 논문의 구성

본 논문의 구성은 2장에서 관련 연구에 대하여 설명하고 제안된 프로토콜은 3장에서, 프로토콜의 성능평가 결과는 4장에서 설명한다. 그리고 5장에서 결론을 맺는다.

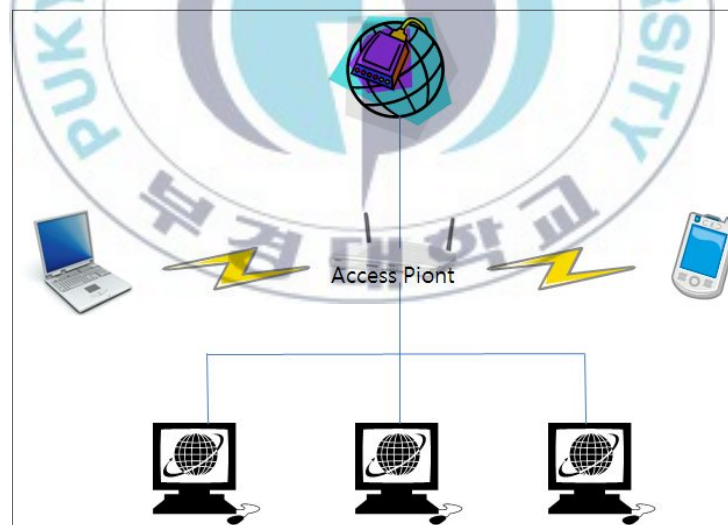


2. 관련연구

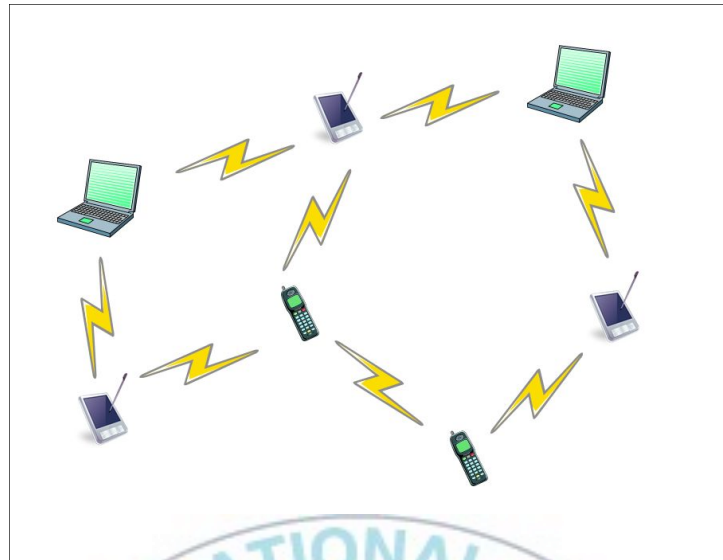
이 장에서는 Mobile Ad hoc Network와 기존의 Ad hoc Networks의 여러 과제들을 살펴봄으로써 본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜의 필요성에 정당성을 부여하고자 한다.

2.1 MANET(Mobile Ad hoc Network)

Mobile Ad Hoc Network는 고정된 기반 네트워크(Access Point)가 존재하지 않은 지역, 환경적 요인등 기반 네트워크의 설치가 용이하지 않은 지역 또는 고정된 기반 네트워크와는 독립적인 네트워크가 필요할 경우 임시적으로 구성되는 네트워킹 기술이다. 이런 이유로 기술 집약적인 특징을 갖는다.



(그림 1) Infrastructure 개념도



(그림 2) Mobile Ad Hoc Network 개념도

초기에는 군사적인 목적으로 연구가 시작되었으나 네트워크의 기술발달로 인해 여러 가지 상업적인 응용분야가 나타나고 있다. Mobile Ad Hoc Network는 네트워크 망에 속하는 각 이동 단말들 상호간의 통신시 다중으로 이 이동단말들을 경유 하여 통신하는 무선 네트워크이며 이로 인해 이동 단말들의 유동적인 움직임으로 인해 네트워크의 토폴로지가 동적으로 변하는 네트워크이다. 각 이동 단말들의 주 사용 전력은 배터리이므로 네트워크를 유지 하는데 한계를 가지는 네트워크 이기도 하다.

2.2. Mobile Ad hoc Networks의 고려사항

2.2.1. 물리/링크 계층 특성

Mobile Ad Hoc Network는 일반적으로 가까운 거리의 통신을 가정하고 있다. 각각의 단말 노드가 보통 배터리에 의해 동작하기 때문이다. 먼 거리의 노드와의 통신을 위해서는 중간 노드에서의 라우팅 릴레이 기능을 이용하여 가능 할 수 있다.

또한, mobile노드 간에 싱글-홉 또는 멀티-홉 라우팅에 의한 직접 통신이 가능해야 한다. 싱글-홉 라우팅만이 지원되는 경우는 계층-3 이상에서 라우팅 프로토콜의 추가에 의해 멀티-홉 라우팅이 가능하게 할 수 있다.

Mobile Ad Hoc Network에서는 제어를 담당하는 중앙 모듈이 없이 Peer-to-Peer 통신을 하기 때문에 모든 노드는 공유된 채널을 통해 접근해야 하며, mobile 단말 간에 상호 간섭이 최소화되어야 한다. 따라서 상하향 채널을 공유하는 방식이 우선적으로 적용될 수 있다.

2.2.2. Quality of Service(QoS)

기술이 발전함에 따라 각 네트워크를 구성하는 단말들의 성능은 크게 향상되었으며 성능 향상에 힘입어 전송을 요하는 데이터의 형태도 기본적인 문자나 숫자에서 다양한 멀티미디어 데이터인 그림이나 사진, 음성, 영상 데이터 등등 매우 다양해 졌다.

Network에서 멀티미디어 데이터를 전송 할 경우 특정한 통신 품질이 필요하고 이를 Quality of Service(QoS)라고 한다. Mobile Ad Hoc Network에서도 이런 변화에 따른 QoS를 보장할 수 있는 라우팅 프로토콜이 필요하다. 멀티미디어 데이터의 QoS로는 전달지연, 대역폭 등이 있다.

2.2.3. 에너지 관리

Mobile Ad Hoc Network에서 사용되는 단말들은 대부분 배터리를 주 전력으로 사용한다. 각 단말들은 Mobile Ad Hoc Network를 구성하는 링크이며 단말노드가 배터리의 전력을 완전히 소모함으로써 Network가 단절되는 현상이 일어난다.

현실적으로 배터리를 사용하는 Mobile Ad Hoc Network 계속 유지될 수 없다. 다만 에너지 관리를 통한 Network 단절현상을 감소시켜 전체 시스템의 수명을 연장시키는데 큰 의미가 있다.

2.2.4. 응용분야

Mobile Ad Hoc Network 천재지변이나 갖은 재난으로 인해 기반 통신 시설의 이용이 불가능 할 경우, 긴급 조난 지역에서 구조 활동을 위해 신속한 통신 경로 구성을 필요로 하는 긴급 서비스(Emergency Service), 오염 및 위험 지역 또는 접근성이 어려운 지역, 회의장이나 전시장 등 임시적으로 많은 사람들에게 동시에 데이터 전달이 필요한 경우등에 응용할 수 있다.

또 전쟁터에서 작전 수행을 위해 장비나 군인간의 통신, 데이터 교환이 필요한 경우에도 이용될 수 있고, 사무실에서 개인 장비간의 PAN(Private Area Network)을 구성하는 경우나 가정에서 정보, 통신, 가전 기기간의 네트워크를 구성하는 경우에도 이용될 수 있다. 또한 이동 통신의 음영 지역에 통신 범위의 확장을 위하여 중간 전달 역할로써 Mobile Ad Hoc Network가 응용될 수 있다.

2.2.5. 보안

ad hoc 네트워크의 요구되는 보안은 다른 유무선 통신 네트워크의 보안에서 요구되는 기본적인 인증, 비밀성, 무결성등 여러 항목들과 동일하다. 그중에서 중요시 되는 부분은 ad hoc 네트워크가 무선으로 통신을 함으로 인해 생기는 매체의 신뢰도이다. 무선 통신의 특성상 신뢰도가 유선 통신에 비해 낮으므로 암호를 사용할 수 밖에 없어 암호 키에 크게 의존한다. 그러므로 각 노드별로 신뢰할 수 있는 관계를 형성하고, 네트워크 내에 있는 각 노드별로 이 키를 분배 하는것이 ad hoc 네트워크 보안의 주된 과제이다. 보통의 ad hoc 네트워크에서는 공개키 암호화 방식을 사용하고 있다. 공개키 암호화 방식은 지정된 인증단말에 의해 제공되는 암호 키를 사용하는 방식이다. 예를 들어, ad hoc 네트워크 망 내에 A, B, C 라는 각 그룹들이 존재한다고 가정했을 때, 그룹 A의 대표 노드는 신뢰 위임 절차를 주도하며 서버 노드 역할을 한다. 그러면 각개 그룹의 대표 노드들은 자기 그룹이 정한 공개키를 다른 그룹과 교환하며 그룹간의 신뢰관계를 형성하게 된다.

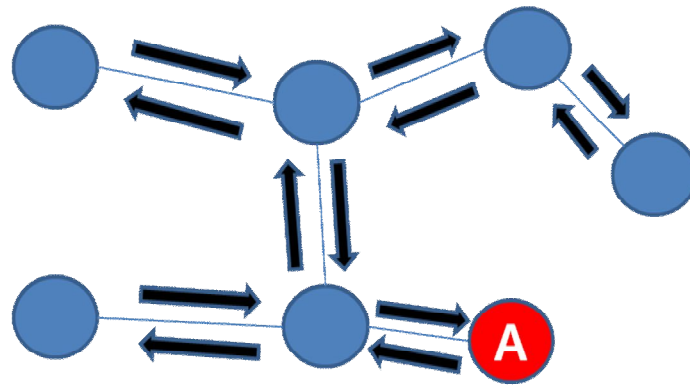
2.3. Mobile Ad hoc Networks 프로토콜

2.3.1. MANET 라우팅 프로토콜

2.3.1.1 proactive 라우팅 프로토콜

proactive 프로토콜은 네트워크 내의 모든 노드가 자신을 제외한 나머지 노드의 라우팅 정보를 유지하는 것으로 노드의 라우팅 테이블이 반드시 하나 이상 존재한다. 또한 주기적으로 라우팅 정보를 broadcast 하며 모든 노드들은 자신의 라우팅 정보가 변경되었을 때 변경된 정보를 다른 노드들에게 broadcast 하게 된다.





(그림 4) proactive 프로토콜 노드 위치 변경 후

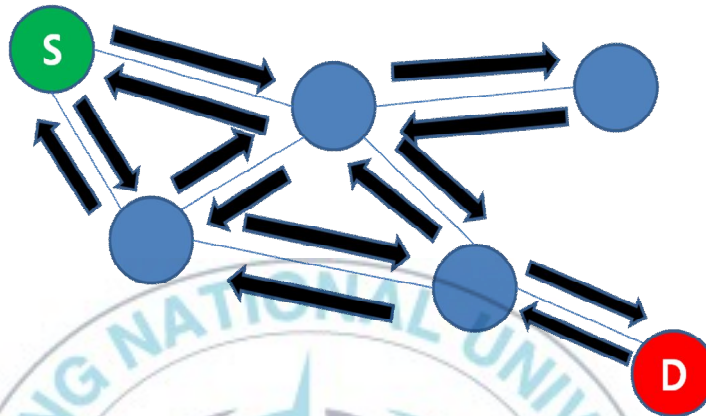
A노드가 그림 3 에서 보는바와 같이 그림 4 의 위치로 이동 한다면 A노드는 이동 후 전체 노드에게 변경된 자신의 라우팅 정보를 전체 노드에게 broadcast 한다. 전체 라우팅 테이블이 갱신되면 이후부터 통신이 가능하다.

proactive 프로토콜은 모든 노드의 라우팅 정보를 유지함으로 경로 설정 시 현재 네트워크 망 내의 경로정보를 갱신할 필요가 없어 지연 시간이 적고, 노드가 적은 소형의 mobile ad hoc network에 적합하다. 그러나 최신의 라우팅 정보를 계속 유지하기 위한 메시지로 인해 오버헤드가 증가하며 배터리 소모가 크다.

2.3.1.2 reactive 라우팅 프로토콜

reactive 프로토콜은 노드 간의 통신 요구가 있을 때만 경로 설정 절차를 수행하는 방식이다. reactive 프로토콜은 노드의 위치 이동이 많더라도 통신 요구 시에만 네트워크망을 갱신하므로 proactive에 비

해 배터리 소모가 월등이 적다. 하지만 통신 요구가 있을 때 마다 현재의 ad hoc network망의 전체를 검색하므로 경로 설정시 지연시간이 길어져 실시간 통신에 부적합하고, 많은 제어 트래픽을 발생시킨다.



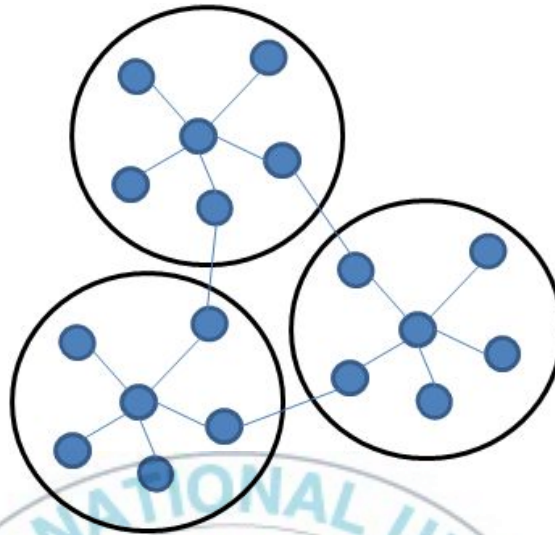
(그림 5) reactive 프로토콜

그림 5 와 같이 S노드에서 D노드로의 통신요청이 들어온 경우 reactive 프로토콜은 전체 망을 검색하여 S노드에서 D노드로 통신할 수 있는 경로를 찾는다.

2.3.1.3 Hybrid 라우팅 프로토콜

Hybrid 프로토콜은 proactive 프로토콜과 reactive 프로토콜의 이점을 조합한 라우팅 방식이다. 각각의 노드는 홉 수로 망을 그룹짓고 각각의 그룹 내에서는 주기적으로 노드의 라우팅 정보를 유지하고 타 그룹과의 통신요청이 들어왔을 경우 전체 노드의 라우팅 정보를 갱신

한다. 근접노드끼리의 통신은 효율적이나 먼 거리의 노드끼리의 통신에서는 reactive 프로토콜이 가지는 문제점을 그대로 가지고 있다.

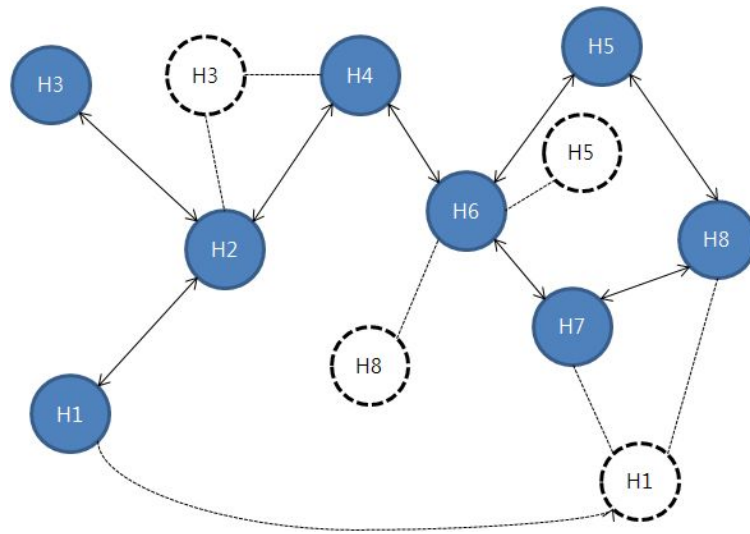


(그림 6) Hybrid 프로토콜

2.3.2. 주요 라우팅 프로토콜

2.3.2.1. DSDV

DSDV(Destination Sequenced Distance Vector)는 유선 네트워크에서 사용되는 Distance Vector Routing 방식을 활용하여 MANET 환경에서 동작할 수 있도록 발전된 테이블 기반 라우팅 프로토콜이다. Bellman-Ford Routing 방식에 기초로 하는 이 라우팅 알고리즘은 Distance Vector는 최적의 경로 선정을 위한 동적 라우팅 알고리즘 중 하나이다.



(그림 7) DSDV 라우팅

Dest	Next Hop	Metric
H1	H4	3
H2	H4	2
H3	H4	3
H4	H4	1
H5	H7	3
H6	H6	0
H7	H4	1
H8	H4	2

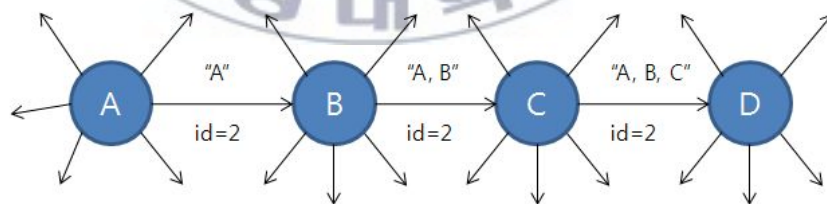
(표 1) DSDV 라우팅 테이블

DSDV 라우팅 프로토콜에서는 다른 노드의 전파 범위 안에 있는 이웃한 모바일 노드 간에 라우팅 메시지를 교환하여 다른 모든 노드로의 route 정보를 라우팅 테이블에 유지하고 있다. 라우팅 정보가 변

경되면 노드 간에 라우팅 테이블이 변경된 이웃 노드로의 라우팅 정보를 자동으로 보내면서 라우팅은 갱신될 수 있다. 라우팅 테이블의 갱신은 Full dump와 Incremental dump 형태로 이루어진다. Full dump 형태는 임의의 노드가 가진 모든 라우팅 정보를 다른 노드로 broadcasting 하는 방식이다. 이 방식은 보통 갱신할 라우팅 정보가 많을 경우에 사용한다. 반면, Incremental dump 방식은 라우팅 정보의 변경이 있을 경우에만 그 변경된 정보에 대해서 broadcasting 하는 방식이다. 이 방식은 일부 라우팅 정보만을 갱신할 경우 사용한다. MANET 환경에서 DSDV는 목적지 순차번호를 사용하기 때문에 토폴로지가 변하였을 때 라우팅 루프에 빠지는 문제를 방지할 수 있다.

2.3.2.2. DSR

Dynamic Source Routing(DSR)은 source routing에 기반 한 On-demand Routing 프로토콜이다. 이동 단말기들은 source route를 가진 route cache를 유지하고 있으며, 새 경로가 입력될 때마다 지속적으로 cache를 갱신 한다.



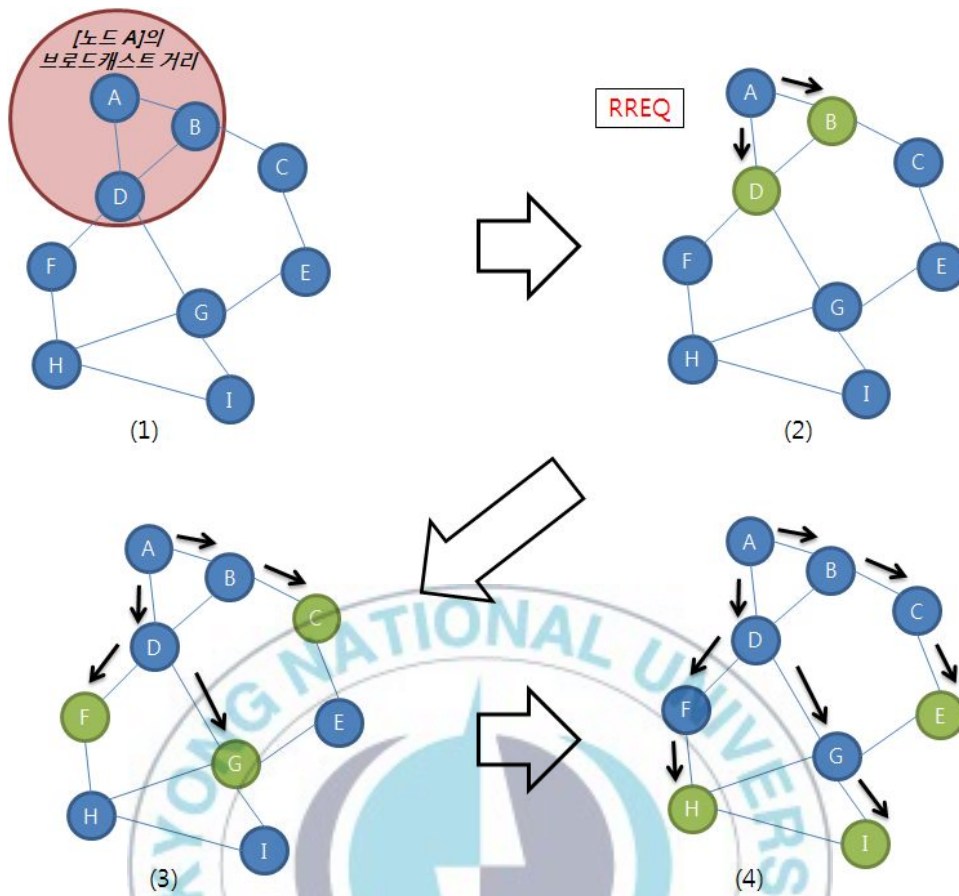
(그림 8) DSR 라우팅

이 프로토콜은 경로 탐색절차와 경로 유지절차에 관한 부분으로 이루어진다. 이동 단말기가 전송하여야 할 패킷이 있으면, route cache를 우선 확인 후, 유효기간이 지나지 않았다면 이 경로를 이용한다. 만약 cache에 없다면 Route Request Packet(RREQ)을 broadcast한다. 이 packet을 받은 노드들은 자신의 cache를 확인하고, 가지고 있지 않을 경우 자신의 주소를 RREQ에 추가하여 이웃 노드로 다시 broadcast한다.

RREQ가 목적지에 도달하거나 그에 대한 cache를 가진 중간 노드에 도달하면, Route Reply(RREP)가 만들어진다. 목적 노드로의 route 정보를 만들어진 RREP 메시지에 추가하여 소스 노드로 전달한다. route의 링크 오류 발생시 Route Error(RERR) 메시지를 생성하여 소스 노드로 전달한다. RERR을 수신한 노드는 자신의 route cache에서 해당 오류 발생 링크 정보를 삭제하며, 다른 우회 route가 있을 경우 이를 이용하여 데이터 전달을 계속하며, 그렇지 않을 경우 RERR 메시지를 소스 노드로 전달한다.

2.3.2.3. AODV

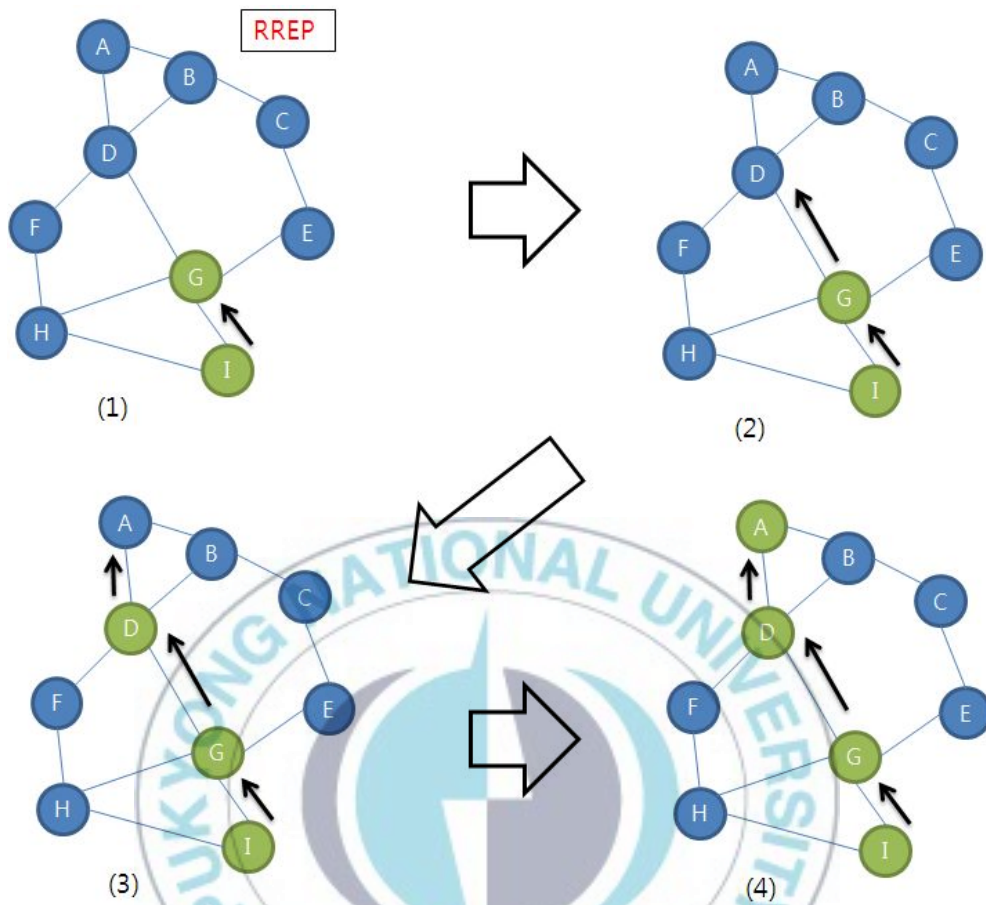
Ad hoc On-demand Distance Vector(AODV)는 DSDV 알고리즘을 사용한다. DSDV와 같이 목적지 순차 번호를 사용하여 라우팅 루프를 방지하며, DSR과 유사한 방법의 route 탐색 절차를 사용한다. DSDV가 전체 경로에 대한 routing 정보를 유지하는데 비하여 AODV는 필요한 경로에 대한 routing 정보를 유지한다는 점에서 향상되었다고 할 수 있다.



(그림 9) AODV 라우팅 - A에서 I 까지의 경로요청

route 탐색이 필요한 경우 Route Request(RREQ) 메시지가 생성되어 이웃 노드로 broadcasting 되며, 목적 노드로의 route 정보를 가진 중간 노드 또는 목적 노드가 RREQ 메시지를 수신하면 Route Reply(RREP) 메시지로써 응답한다. 중간 노드가 목적 노드로의 route 정보를 가지고 있지 않을 경우 RREQ 메시지를 이웃 노드로 다시 broadcasting한다. RREQ를 전송하는 동안, 중간 node들은 패킷을 broadcast한 이웃 node의 주소를 라우팅테이블에 기록하여 둬으로써

역경로를 만든다. 이후에 받게되는 동일한 RREQ packet들은 버린다.



(그림 10) AODV 라우팅 - I에서 A 까지의 경로응답

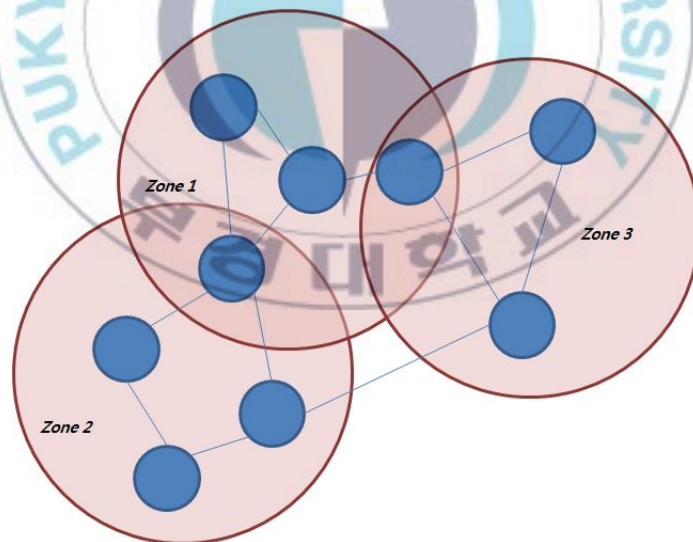
RREQ가 목적지에 도달하게되면, 목적지와 중간 node들은 RREQ 전송중에 만들어진 역경로로 RREP 패킷을 보낸다. route 내의 특정 링크에서 오류가 발생한 경우 지역적인 route 재탐색 절차를 수행하거나, 또는 Route Error(RERR) 메시지가 생성 소스 노드로 전달하여 소스 노드로 하여금 route 재탐색 절차를 시작하게 한다. RERR을 수신

한 노드는 오류가 발생한 링크와 관련된 route 정보를 삭제한다.

2.3.2.4. ZRP

Zone Routing Protocol(ZRP)는 proactive 방식과 reactive 방식을 혼합한 라우팅 방식으로서 각 노드는 미리 정의된 범위의 라우팅 영역(zone)을 가진다. 라우팅 영역의 크기는 홑 수를 기준으로 정의된다. 동일 영역 내에서의 라우팅 정보의 관리는 proactive 라우팅 방식에 기초한 Intrazone Routing Protocol(IARP)에 의해서 수행된다.

외부 영역에 속한 노드로의 route 정보의 탐색은 reactive 라우팅 방식에 기초한 Interzone Routing Protocol(IERP)에 의해서 수행된다. 그리고 IERP 메시지의 효율적인 broadcasting을 위해 Bordercasting Routing Protocol(BRP)이 사용된다.



(그림 11) ZRP 라우팅

2.3.3. MANET 라우팅 프로토콜의 정의

MANET은 n 개의 노드로 구성되며 각 노드는 n , $1 \leq n \leq N$, 으로 구별한다. 노드 i 에서 인접한 노드 j 까지 직접적인 전송이 가능하며 이때 노드 i , j 에는 링크 (i,j) 가 존재한다. 이때 노드 s 에서 노드 d 까지의 경로는 $\pi(s,d)$ 라고 하고 이는 노드 s 에서 노드 d 까지의 링크 순열이다. 즉 $\pi(s,d)=[s,*,\dots,*,d]$, 여기서 $*$ 는 임의의 노드 n 을 표시한다.

어떤 MANET에 $\pi(s,d)$ 가 존재한다면 노드 s 에서 노드 d 간의 데이터 전송이 가능한 링크가 존재한다는 것을 의미한다.



(그림 12) MANET 에서의 전송경로

여기서 MANET 의 라우팅 프로토콜은 특정 조건을 만족하는 $\pi(s,d)$ 를 구하는 것으로 정의된다. 그림 12 에서 $\pi_1(1,5)=[1,2,3,5]$ 와 $\pi_2(1,5)=[1,4,5]$ 는 노드 1에서 노드 5까지의 전송경로가 될 수 있다. 하지만 각 경로의 전송조건은 서로 다를 수 있다.

1. if ($\pi_s \neq \pi_d$) {
2. broadcast RREQ with $\pi(s,j), \pi_d$;
3. }
4. else {
5. send RREP to π_i with $\pi(s,d)$;
6. }

(수식 1) MANET 라우팅

단순하게 어떤 $\pi(s,d)$ 를 구하는 것만으로도 라우팅 프로토콜이 될 수 있다.



3. 전달지연을 고려한 전력인지 라우팅

3.1. QoS를 고려한 라우팅

전달지연 라우팅은 보통 일정기준 이상의 대역폭(W)이나 전달지연(δ) 같은 QoS(Quality of Service) 을 고려한다.

대역폭 W 을 고려하는 경우 라우팅 프로토콜은 링크 (i,j) 의 대역폭을 $W(i,j)$ 로 표시하면, $W \leq W(i,j) : (i,j) \in \pi(s,d)$ 를 만족하는 $\pi(s,d)$ 를 구하는 것으로 된다. 대역폭의 경우 다른 조건들 다르게 독립적으로 작용하므로 다른 조건에 비해 적용하기가 용이하다.



```
1.  if ( $\pi_i \neq \pi_d$ ) {
2.      if (  $W(i,j) < W$  ) {
3.          then discard RREQ
4.      }
5.  else {
6.      broadcast RREQ with  $W, \pi(s,j), \pi_d$  ;
7.  }
8.  }
9.  else {
10.     send RREP to  $\pi_i$  with  $\pi(s,d)$  ;
11. }
```

(수식 2) 대역폭(W)을 고려한 라우팅

전달지연 δ 도 멀티미디어 전송에서 중요한 지표중 하나이다. 링크 (i,j)

의 전달지연을 $\delta(i,j)$ 라고 하면 $\delta(s,d) = \sum_{(i,j) \subseteq \pi(s,d)} \delta(i,j)$ 는 경로 $\pi(s,d)$ 의 전체 전달지연이 된다. 이 경우 $\delta(s,d)$ 를 최소화 하는 경로를 구하는 것이 전달지연 조건의 라우팅 프로토콜이다. 전달지연의 경우 전력소모와 상충관계에 있으므로 전력소모를 최소화 할수록 전달지연은 증가한다. 다음은 전달지연을 고려한 라우팅 프로토콜이다.

```

1.  if ( $\pi_i \neq \pi_d$ ) {
2.      broadcast RREQ with  $\pi_d$ ;
3.  }
4.  else {
5.      if( $\delta_M(s,d) > \delta(s,d)$ ) {
6.           $\delta_M(s,d) = \delta(s,d)$ ;
7.      }
8.      send RREP to  $\pi_i$  with  $\delta_M(s,d)$ ;
9.  }
```

(수식 3) 전달지연(δ)을 고려한 라우팅

3.2. 전력소모를 고려한 라우팅

MANET을 구성할 경우 각 노드는 배터리를 주 전력으로 사용 하는 것이 일반적이다. 따라서 전력이 완전히 소모된 노드는 MANET을 구성함에 있어 제 역할을 할 수 없게 된다. 경로 $\pi(s,d)$ 중의 한개 노드가 이러한 경우 라면 경로 $\pi(s,d)$ 를 통한 데이터 전송은 불가능해진다.

이런 경우 전력인지 라우팅 프로토콜이 필요하다. 링크(i,j)를 통하여 단

위데이터를 송수신할 때 노드 i, j 는 각각 일정한 전력을 소모하게 된다. 이 전력을 $E(i, j)$ 라 하면 $\pi(s, d)$ 를 통하여 단위데이터를 전송할 때 소요되는 전력 $E(s, d) = \sum_{(i, j) \in \pi(s, d)} E(i, j)$ 가 된다. 이 경우 존재 가능한 $\pi(s, d)$ 중 전력소모 $E(s, d)$ 를 최소화 하는 $\pi(s, d)$ 를 구하는 것이 전력인지 라우팅 프로토콜의 한 예이다. 이 경우 전체 네트워크에서 소모되는 에너지의 소모를 최소화 하여 경로를 확보함으로써 전체 시스템을 최대한 오래 유지하게 된다.

```

1.  if ( $\pi_i \neq \pi_d$ ) {
2.      if( $e_{\pi_s} > e(s, j)$ ){
3.           $e_{\pi_s} = e(s, j)$ ;
4.      }
5.  broadcast RREQ with  $e(s, j), e_{\pi_s}, \pi_d$ ;
6.  }
7.  else {
8.      send RREP to  $\pi_i$  with  $e_{\pi_s}$ ;
9.  }
```

(수식 4) 전력인지 라우팅 경로요청

1. if($e_\pi > e_M(s,d)$) {
2. $e_\pi = e_M(s,d)$;
3. add π_k to routing table with e_π ;
4. if $\pi_j \neq \pi_s$ {
5. send RREP to π_i with $e_M(s,d)$;
6. }
7. }
8. else {
9. discard RREP ;
10. }

(수식 5) 전력인지 라우팅 경로설정

하지만 현실적인 응용프로그램은 좀 더 다양한 제약조건을 필요로 한다.
멀티미디어 전송의 경우 QoS(Quality of Service)를 같이 고려해야 한다.



(그림 13) MANET 라우팅

위의 그림 13 에서 $\pi_1(1,5)$ 은 $\pi_2(1,5)$ 에 비하여 전달지연은 크지만 데이터 전송 시 소비전력은 더 적어 전력인지 프로토콜을 사용할 경우 $\pi_1(1,5)$ 이 선

택되는 것이 일반적이다.

전력인지문제와 대역폭 조건은 서로 독립적으로 작용하여 특정대역폭을 만족하는 최소전력을 소비하는 경로를 구하는 효율적인 프로토콜은 이미 존재한다[8-9]. 하지만 전달지연의 경우 그자체문제만으로 NP-complete에 속하는 복잡한 문제로 분류된다[5,10]. 또한 전력소모를 최소화 하는 경로는 전달지연을 증가시키는 것으로 밝혀져 있다. 따라서 전달지연을 최소화 하면서 동시에 전력소비를 최소화 하는 조건을 만족하는 프로토콜을 구성하는 것은 불가능하기 때문에 각 조건의 적절한 조정이 필요하다.

이러한 라우팅프로토콜의 특징은 전력소비와 전달지연이 서로 상충되기 때문에 어느 한 방향으로 치우치는 경향이 있다. 즉 전달지연을 최소화 하던지 전력소비를 최소화 한다.

3.3. 전달지연을 고려한 전력인지 라우팅

본 논문에서는 전달지연을 고려하는데 Mobile Ad hoc Network에서의 전달지연 지표는 사용하는 라우팅 프로토콜에 따라 다르게 계산된다. 문제를 단순화 하기위하여 본 논문에서는 전달지연의 여러 항목들 중 hop을 사용하였다. 하지만 프로토콜 구성을 살펴보면 다른 형태의 지연함수도 사용 가능하다. 이 라우팅에서는 시작 노드에서 목적지 노드까지의 경로를 요청하면서 허용오차를 추가 하여 더 많은 경로를 확보할 수 있게 하였다. 확보된 경로 중 최소 전력을 사용하는 경로를 선택하여 경로를 설정 하도록 하여 전력소모를 최소화 할 수 있게 하였다.

다음에서 제안된 프로토콜의 경로 요청과 경로 설정과정을 보인다.

3.3.1 경로요청

1. if ($\pi_i \neq \pi_d$) {
2. if ($W(i,j) < W$) then discard RREQ ;
3. else {
4. $E(j,d) = E(j,d) + E(i,j)$;
5. $HOP = HOP + 1$;
6. if ($HOP(i) * \sigma \geq HOP$) {
7. $HOP(i) = MIN(HOP(i), HOP)$;
8. $\pi = \pi(i,j)$;
9. broadcast RREQ with $W, E(i,d), HOP, \pi$;
10. }
11. else {
12. discard RREQ ;
13. }
14. else {
15. $\pi = \pi(i,d)$;
16. send RREP to π_i with $E(j,d), HOP, \pi$;
17. }

(수식 6) 경로요청 프로시저

소스노드 s 이고 목적노드 d 이다. 대역폭 W , 허용오차 σ , $\pi = \phi$ 를 포함

한 RREQ(Route Request)를 인접노드에 브로드캐스트 한다.

노드 i 로부터 RREQ를 수신한 노드 j 는 설정 대역폭 W 보다 대역폭이 작을 경우 패킷을 무시한다. 다음으로 j 에서부터 d 까지의 소비전력 $E(j,d)$ 를 $E(j,d) = E(j,d) + E(i,j)$ 로 전체 HOP의 개수 HOP를 $HOP = HOP + 1$ 로 설정한 후 현재까지 구성된 경로의 소비전력을 계산하고 이 값을 $E(j,d)$ 로 저장한다.

만약 $HOP(i) * \sigma \geq HOP$ 조건을 만족하면 $HOP(i) = \min(HOP(i), HOP)$ 으로 계산하고 $E(j,d)$, HOP , $\pi \leftarrow \pi(i,j)$ 을 저장한다. 조건을 만족하지 않으면 패킷을 무시한다.

노드 j 가 목적노드일 경우

$E(j,d)$, HOP , $\pi \leftarrow \pi(i,d)$ 을 포함한 RREP(Route Reply)를 노드 i 에 전송한다.

노드 j 가 중간노드일 경우(목적노드가 아닐 때)

$E(j,d)$, HOP , $\pi \leftarrow \pi(i,d)$ 을 포함한 RREQ를 주변노드에 브로드 캐스트 한다.

3.3.2 경로설정

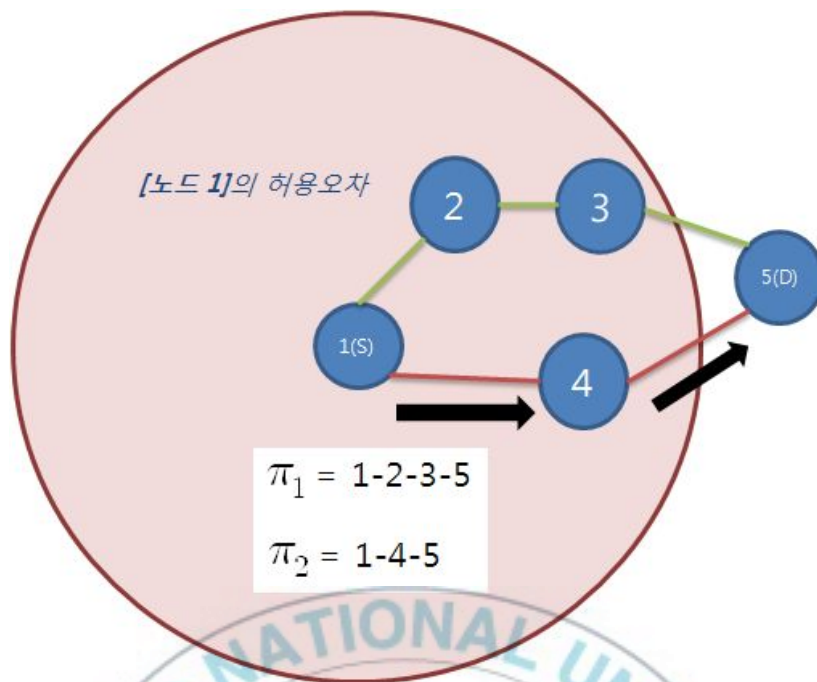
RREP를 수신한 노드 j 가 소스노드가 아니면 노드 i 로 RREP를 전송한다. 만약 노드 j 가 소스노드이면 소스노드는 RREP를 수집한후 모든 RREP 중 $E(s,d)$ 가 최소인 경로 $\pi(s,d)$ 를 선택한다.

1. if($E(s,d) < E_M(s,d)$) {
2. $E_M(s,d) = E(s,d)$;
3. add π_k to routing table with $E_M(s,d)$;
4. if($\pi_j \neq \pi_s$) {
5. send RREP to π_i with $E_M(s,d)$;
6. }
7. }
8. else
9. discard RREP ;

(수식 7) 경로설정 프로시저

경로요청과정에서 사용된 σ , $1 \leq \sigma$ 는 전달지연의 허용한계를 지정한 것이다. 만약 σ 가 1로 설정되었다면 이때는 최소전달지연 경로를 탐색하게 된다. 이 경우라도 1개 이상의 경로가 존재할 수 있으므로 그중 전력소모가 최소인 경로가 선택된다. MANET의 구성 상태, 각 노드간의 평균거리, 노드의 밀도 등 다양한 환경에서 적용할 수 있도록 σ 를 적용한 것이다.

보통 전달지연을 사용하면 NP-complete 문제의 특성상 존재가능한 모든 경로를 탐색하게 된다. 하지만 경로요청 과정에서 적절한 조건을 만족하지 않으면 탐색을 중지하도록 설정되어 있다. 이 조건으로 σ 의 설정에 따라 경로설정에 필요한 제어패킷이 감소하게 된다.



(그림 14) 경로 요청

그림 14 의 경우 노드 1의 허용오차 내에 노드 2, 3, 4의 노드가 존재한다. 허용오차를 추가함으로 목적지 노드로의 최단경로는 π_2 을 선택하여 경로를 설정 한다. 만약 허용오차가 존재 하지 않는 경우 최소전력이 사용되는 π_1 의 경로를 선택하게 된다.

4. 성능평가

4.1. 성능평가 환경

본 논문에서는 $500m \times 500m$ 의 이차원 평면에 100개의 노드를 무작위로 배치하여 성능평가를 수행 하였다. 각 노드의 통신반경은 $50m$ 로 설정하였는데 이는 하나의 노드 통신반경에 3.5 개 정도의 노드가 존재하는 밀도로 2-3개의 통신 가능한 이웃노드가 있는 것을 의미한다.

프로토콜의 동작은 Linux 시스템에서 ns-2를 사용하여 검증하였으며 패킷전송 성공률을 측정하였다. 하지만 에너지 소비와 관련된 지표는 동일한 조건에서 C로 프로그램하여 각 노드의 전력 상태를 조사 하였다.

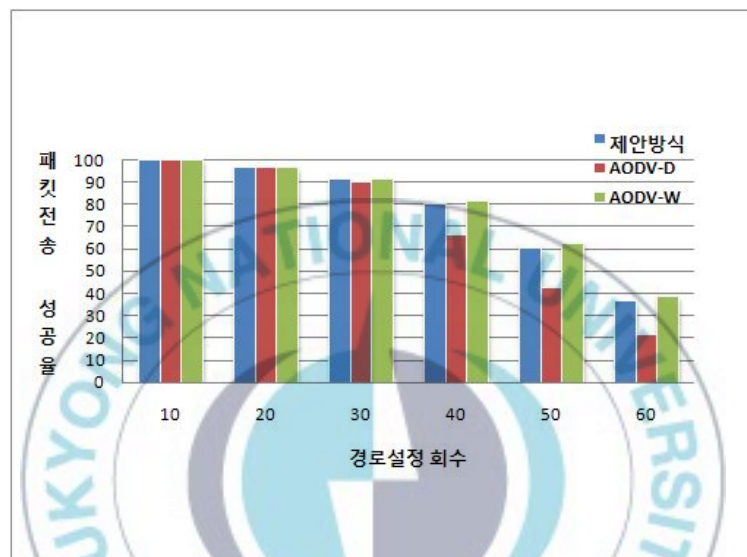
4.2. 결과 및 고찰

노드 i 에서 노드 j 로 단위패킷을 전송하는데 소요되는 전력은 $k \cdot d(i,j)^n$, ($3 \leq n \leq 5$)로 정해지는데 여기서는 $n=3$ 으로 하였다. 각 노드의 초기 전력을 100으로 두고 $10m$ 인접한 각 노드간의 단위패킷의 전송에너지가 1이 되도록 상수 k 를 조절하였다.

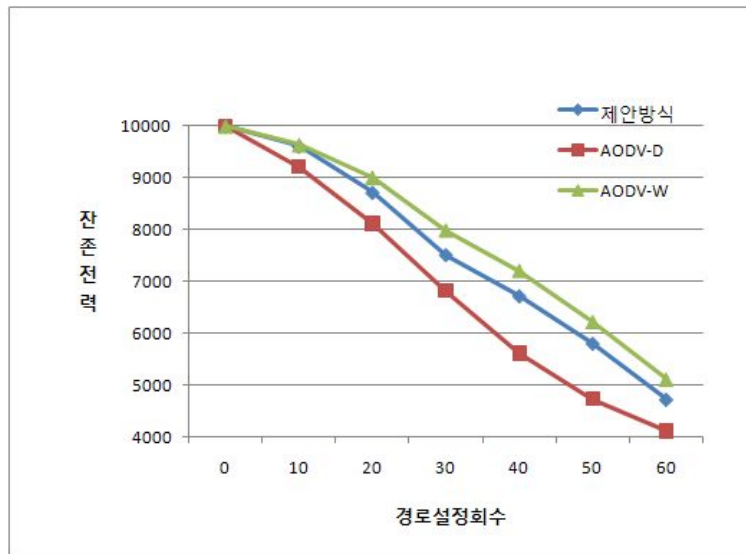
실험은 $300m$ 이상 떨어진 노드가 소스와 목적노드가 되도록 선정하여 경로를 설정하고 단위패킷을 전송하여 에너지를 소모하는 것으로 하여 경로설정을 반복적으로 수행 하여 성능평가를 수행 하였다.

비교대상의 프로토콜은 전달지연을 고려한 전력인지 라우팅 프로토콜 (AODV-D)[8]과 대역폭을 고려한 전력인지 라우팅 프로토콜(AODV-W)[9]이다. 본 논문에서 사용한 실험조건은 [9]에서와 동일하다.

표 2 는 각 프로토콜의 패킷전송 성공률을 보인 것 이다. 경로설정 해지
를 반복하면 전력소모를 다한 노드가 발생하며 패킷전송이 어렵게 된다. 실험결과 제안된 알고리즘은 AODV-W 에비교하면 약간 성능이 떨어지지만 V-D 에 비교하면 우월한 특성을 보인다. 이 결과는 AODV-D 의 경우 전달지연 조건을 우선적으로 선택하여 전력소비가 큰 경로를 설정하였기 때문
으로 확인된다.



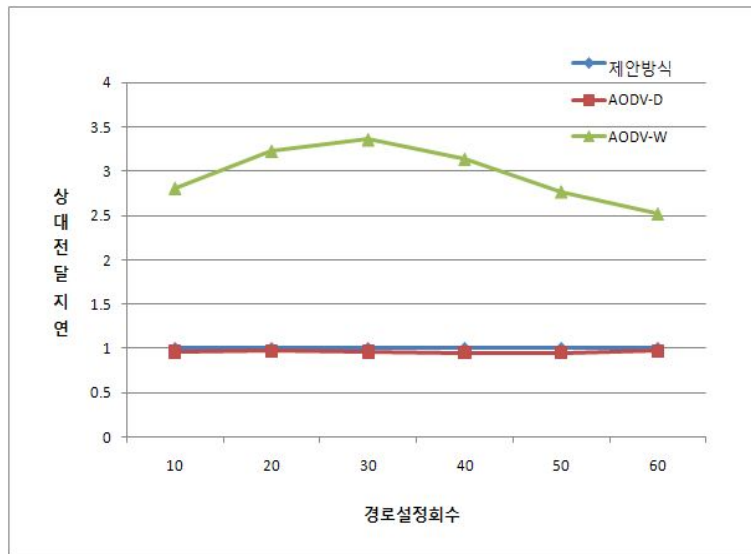
(표 2) 경로설정에 따른 패킷전송 성공률



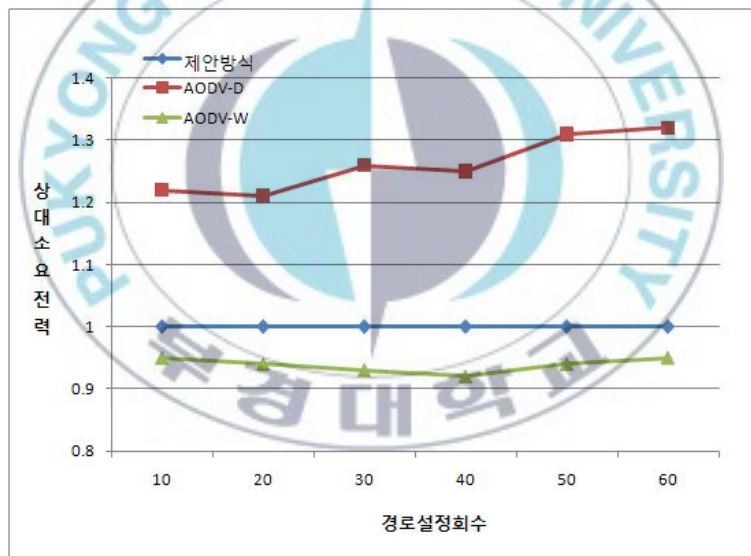
(표 3) 경로설정에 따른 시스템의 잔존전력

표 3 은 이 결과 를 더욱 명확히 한다. 시스템 전체에 잔존하는 전력량은 시스템의 수명과 관련된 지표로 AODV-D 는 경로설정이 반복되면 타 프로토콜과 비교하여 전력이 급하게 소모되는 것을 확인할 수 있다. 하지만 제안된 프로토콜은 전달지연을 고려하였음에도 불구하고 전력소모를 줄여 시스템의 수명을 연장하는 것을 확인할 수 있다.

표 4 는 각 프로토콜이 설정한 경로의 전달지연을 비교하였다. 각 지표는 제안방식에 대한 상대적인 값을 나타낸다. 그림에서 제안프로토콜은 AODV-D 에비교하여 10% 미만의 지연증가를 보인다. 하지만 전달지연을 고려하지 않은 AODV-W 이 비교하면 전달지연이 1/2~1/3 수준으로 감소됨을 확인할 수 있다.



(표 4) 경로설정에 따른 전달지연비교



(표 5) 경로설정에 따른 경로의 소요전력비교

표 5에서는 설정된 경로의 소비전력을 계산하여 상대적인 값을 보인 것

이다. 제안된 프로토콜은 AODV-D와 비교하여 70% ~80% 정도의 전력이 필요한 경로를 설정하였다. 즉 제안된 프로토콜은 전달지연의 측면에서 AODV-D 보다는 약간 불리하지만 전력소모 면에서는 확연히 우월한 것을 확인할 수 있다.



5. 결론

본 논문에서는 MANET 에 적용 가능 한 전달지연을 고려한 전력인지 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 전력 소비와 전달지연은 서로 상충되는 지표지만 제안된 프로토콜은 전력인지 라우팅에서의 전력 소비 감소 기법을 사용하여 각 노드들의 전력소비를 분산시켰다. 이 결과 전력 소비 문제에서 전달지연을 고려한 라우팅 프로토콜에 비해 전체 시스템 생명주기를 향상되었다. 그리고 전달지연 여러 요소 중 hop과 hop간의 거리에 허용오차를 설정하여 전력인지 라우팅에 비해 hop 수를 줄여 전력인지 라우팅 프로토콜에 비하여 전달지연이 감소 되었다. 허용오차의 설정으로 인해 전력과 전달지연의 두 가지 독립적인 지표에 대하여 적절한 조정이 가능하도록 구성하였다.

실험결과 제안된 프로토콜은 전달지연만을 고려한 프로토콜에 비교하여 약간(약10%)의 손실을 감수하면서 전력소모의 지표에서는 30% 정도의 성능향상을 보였다. 이는 전달지연만을 고려한 라우팅에 비하여 전력 소모의가 줄어 전체 네트워크의 생존시간이 크게 늘었음을 의미한다. 또한 전달지연을 고려하지 않은 프로토콜에 비하여는 전력소비지표는 나쁘지만 전달지연지표는 월등히 우월함을 확인하였다.

즉 전달지연을 고려하지 않은 프로토콜에 근접하는 전력소모지표를 가지면서 전달지연이 매우 우수한 프로토콜인 것이 실험으로 확인하였다. 더 많은 노드들을 거쳐서 데이터를 전송하게 될 경우 이 격차는 더 커질 것이라 예상되며 실제 사용이 예상되는 자연재해 지역이나 전쟁 지역등에서는 실험에서 적용한 지역의 크기보다 훨씬 더 클 것으로 예상되며 제안한 프로토콜

은 넓은 지역에서 먼 거리의 노드와의 통신에서 더 많은 이점이 발생하리라 예상된다.

이 논문에서는 전달지연의 요소 중 hop만을 고려하였다. 대역폭이나 잡음, 패킷로스율 등의 다른 전달지연요소에 대한 고려와 허용오차 σ 의 증감에 따른 변화 등의 성능평가는 추후 연구과제로 남아있다.



참고문헌

- [1] C. Perkins and E.M. Royer, "Ad hoc On- Demand distance vector routing," Proceedings of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 90-100, Feb. 1999.
- [2] C. Perkins, E.M. Royer and S. Das, "Ad hoc on-demand distance vector(AODV) routing," IETF RFC 3561, July 2003.
- [3] K.J. Negus, J. Waters, J. Tourrilhes, C. Romans, J. Lansford, and S. Hui, "HomeRF and SWAP: Wireless Networking for the Connected Home," ACM SIGMOBILE Mobile Computing Communication Rev., pp. 28-37, Oct. 1998.
- [4] C.R. Lin and M. Gerla, "Real-Time Support in Multi-hop Wireless Networks," ACM/ Baltzer Wireless Networks Journal, Vol.5, No.2, pp. 125-135, Mar. 1999.
- [5] I. Chlamtac, M. Conti and J.J.N. Liu, "Mobile ad hoc networking:Imperatives and challenges," Ad Hoc Networks, Vol.1, No.1, pp. 13-64. July 2003.
- [6] Arjan Duresi, Vamsi Paruchuri and Leonard Barolli, "Delay-Energy Aware Routing Protocols for Sensor and Actor Networks," Proc. of the 2005 11th International Conference on Parallel and Distributed Systems, 2005.
- [7] Nitin Muchhal and Dr Roopam Gupta, "Minimizing End to End Delay by Poewr Aware Routing in Wireless Mobile adhoc Network," Indian

- Journal of Computer science and engineering, Vol.1 No. 1, pp.21-23.
- [8] Alok Kumar jagadev, et al, "Power and Delay Aware On-Demand Routing For Ad Hoc Networks," International Journal on Computing Science and Engineering, Vol. 02, No. 04, pp. 917-923, 2010.
- [9] 김윤도, 서경룡, "멀티미디어 ad hoc 네트워크에서 의 전력인지 QoS 라우팅," 한국 멀티미디어학회 논문지 제14권 20호, pp. 258-264, 2010.
- [10] Salim M Zakt, et. al, "A Review of Delay Aware Routing Protocol in MANET," Computer Science Letter, Vol. 1, No. 1 ,June 2009..
- [11] Qi Xue and Aura Ganz, "Ad hoc QoS on-demand routing(AQOR) in mobile ad hoc networks," J. of Parallel and Dist. Computing, 2003.
- [12] Royer E.M., "Review of current routing Protocols for ad hoc mobile wireless networks", Personal Comm. IEEE, Vol. 6, Issue 2, pages 56-55, April 1999
- [13] Takagi H., "Optimal transmission ranges for randomly distributed packet radio terminals", Comm. IEEE transaction, Vol. 32, Issue 3, pp.245-257, Mar 1984
- [14] Tracy C., "A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research", WCMC, Vol. 2, No.5 pp.483-502, 2002
- [15] C.E. Jones, J.M.Sivalingam, P.Agarwal, A Survey of Energy Efficient Protocols for Wireless Networks, Wireless Networks, Vol. 7, No. 4, pp. 343-358, 2001
- [16] Charles E. Perkins, Pravin Bhagwat, Highly dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector routing (DSDV) for mobile

- computers, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Proceedings of the conference on Communications architectures, protocols and applications, Volume 24 Issue 4, 1994
- [17] J. Broch, D. B. Johnson, and D. A. Maltz, The dynamic source routing protocol for mobile ad hoc networks, Internet-Draft, draft-ietfmanetdsr-01.txt, work-in-progress, 1998.
- [18] Marinescu, D.C, Marinescu, G.M, Yongchang Ji, Boloni, L.; Siegel, H.J., Ad hoc grids: Communication and computing in a power constrained environment, Performance, Computing, and Communications Conference, 2003, Conference Proceedings of the 2003 IEEE International 9-11, pp.113-122, 2003
- [19] I. Foster, C. Kesselman, The Grid: Blueprint for a new Computing Infrastructure, Morgan Kaufmann Publishers, 1998

