creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 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

dCollection

[UCI]I804:24011-200000242071

2011年 8月

석사학위논문

차량 에드혹망을 위한 속도 인지 다중경로 라우팅 프로토콜

조 선 대 학 교 대 학 원

정보통신공학과

이 원 일

2011년 8월 석사학위논문

차량 에드혹망을 위한 속도인지 다중 경로 라우팅 프로토콜

이 원 일

차량 에드혹망을 위한 속도인지 다중 경로 라우팅 프로토콜

Velocity Aware Multipath Routing Protocol for Vehicular Ad-Hoc Networks

2 0 1 1 年 8月 25日

조 선 대 학 교 대 학 원

정보통신공학과

이 원 일

차량 에드혹망을 위한 속도 인지 다중경로 라우팅 프로토콜

지도교수 변 재 영

이 논문을 공학석사학위신청 논문으로 제출함.

2 0 1 1 年 8月 25日

조 선 대 학 교 대 학 원

정보통신공학과

이 원 일

이원일의 석사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 박 종 안 印

위 원 조선대학교 교수 한 승 조 印

위 원 조선대학교 교수 변 재 영 印

2011 년 8 월 일

조 선 대 학 교 대 학 원

목 차

그 림 목 차 ····· iii
표 목 차 ····· v
Acronyms ····· vi
ABSTRACT ····· vii

Ⅰ. 서 론 ····· 1
A. 연구 배경 ····· 1
B. 연구 목적 ····· 2
C. 논문 구성 ····· 3
Ⅱ. VANET의 개념 ····· 4
A. VANET의 특징 ····· 4
B. VANET의 분류 ····· 6
C. VANET 응용분야 ····· 7
D. VANET 기술 ····· 8
Ⅲ. MANET 라우팅 프로토콜 ····· 9
A. DSDV ····· 9
B. DSR ····· 10
C. GPSR ····· 13
D. AODV ····· 15
E. AOMDV ····· 18
Ⅳ. 제안한 routing protocol (HM-AOMDV) 설계 ····· 24
A. 차량의 현재 속도 전달 방법 ····· 24
B. HM-AOMDV 용어 ····· 24
C. Mobility Factor ····· 25
D. Mobility Factor를 이용한 안정적인 경로 선택 ····· 28
Ⅴ. 실험 및 고찰 ····· 30
A. 실험 방법 ····· 30
B. 실험 비교 분석 및 결과 고찰 ····· 30

Ⅵ. 결론 및 향후 연구과제 ····· 38
참고문헌 ····· 40

그 림 목 차

그림 2.1 VANET의 네트워크 아키텍처 ····· 5
그림 2.2 Vehicular Ad-Hoc NETwork Routing protocol 분류 ····· 7
그림 3.1 RREQ를 이용한 경로 검색 ····· 12
그림 3.2 RREP를 통한 RREQ에 대한 응답 ····· 12
그림 3.3 Greedy 포워딩 ····· 14
그림 3.4 Perimeter 포워딩이 필요한 경우 ····· 14
그림 3.5 RNG ····· 15
그림 3.6 Perimeter의 오른손 법칙 ····· 15
그림 3.7 AODV의 RREQ 플러딩 과정 ····· 16
그림 3.8 RREQ 패킷 구조 ····· 16
그림 3.9 AODV의 RREP 플러딩 과정 ····· 17
그림 3.10 RREP 패킷 구조 ····· 17
그림 3.11 AODV 와 AOMDV 라우팅 테이블 ····· 19
그림 3.12 경로 차단 문제 ····· 20
그림 3.13 AOMDV 경로 검색 과정 ····· 22
그림 4.1 AOMDV 헬로우 패킷 구조 ····· 24
그림 4.2 HM-AOMDV 헬로우 패킷 구조 ····· 24
그림 4.3 HM-AOMDV RREP 패킷 구조 ····· 26
그림 4.4 상대속도와 w에 따른 Mf변화 ····· 27
그림 4.5 헬로우 패킷으로부터의 속도정보를 이용한 계산의 예 ····· 28
그림 4.6 RREP 패킷을 수신한 경우 안정적인 경로 설정을 위한 HM-AOMDV ····· 29
그림 5.1 데이터 패킷 전달률 ····· 31
그림 5.2 패킷손실률 ····· 32
그림 5.3 Normalised Routing overLoad ····· 33
그림 5.4 RERR ····· 34
그림 5.5 영상 전송 후 프레임별 PSNR ····· 35
그림 5.6 AOMDV를 이용한 영상 전송 시퀀스 ····· 36
그림 5.7 HM-AOMDV를 이용한 영상 전송 시퀀스 ····· 37

표 목 차

표 3.1 DSDV 에 사용되는 라우팅테이블 ·····10

Acronyms

MANET : Mobile Ad-hoc Network

VANET : Vehicular Ad-hoc Network

DSDV : Destination Sequence Distance Vector

DSR : Dynamic Source Routing

AODV : Ad hoc On-demand Distance Vector

GPSR : Greedy Perimeter Stateless Routing

AOMDV : Ad hoc On-demand Multipath Distance Vector

ITS : Intelligent Transportation System

RREQ : Route Request

RREP : Route Reply

RERR : Route Error

IVC : Inter-Vehicle Communication

V2V : Vehicle-to-Vehicle

PDF : Packet Delivery Fraction

NRL : Normalised Routing overLoad

ABSTRACT

Velocity Aware Multipath Routing Protocol for Vehicular Ad-Hoc Networks

Lee, Won-Il
Advisor : Prof. Pyun, Jae-Young, Ph.D.
Department of Information Communication Engineering
Graduate School of Chosun University

The conventional routing protocols developed for mobile ad-hoc network (MANET) show low performance result when they are adapted in vehicular ad-hoc network (VANET) which has more unstable channel features such as short communication time, low packet delivery ratio, frequent link breakage, and rapidly changing topology caused by high mobility. Therefore, applications on VANET environment require a specific routing protocol to maintain stable communication between vehicles. Previous VANET routing protocols have been mainly designed by using vehicle position and/or digital map information which require installation of related devices onto all vehicles on the road. In this thesis, I introduce a new routing protocol supporting high mobility over VANET without using additional physical installations on the vehicles. It uses hopcounts, relative velocity between vehicles and surrounding condition to find the best routing transmission path. Nowadays digital vehicle velocity can be easily obtained from vehicles on the road. By

exchanging vehicles' relative velocities, the more stable and reliable paths are searched as compared to traditional MANET protocols that use only hopcount information at the time of routing path set-up. To evaluate proposed routing protocol, I compared original ad hoc on-demand multipath distance vector (AOMDV) with proposed routing protocol through NS2. Simulation results showed that proposed routing protocol achieves 5% to 10% better performance in terms of normalized routing overhead and packet delivery fraction.

The proposed routing protocol doesn't need additional devices and shows better efficiency. Therefore it can be applied in vehicles easily. Also it allows stable communication environment with or without GPS system. For example, vehicle using geography routing protocol can not transmit data in undersea tunnel environment because it cannot receive signals from satellites. But proposed routing protocol ensures stability of communication and provides traditional services like video streaming services. Also the proposed routing protocol can be used to preventa traffic accident

I. 서 론

A. 연구 배경

컴퓨터 하드웨어와 무선 네트워크의 빠른 기술 발달에 따라 이동 무선 통신의 응용 범위는 급격히 증가하고 있다. 또한 이동 무선 통신이 발달됨에 따라 언제 어디서나 통신하고자 하는 욕구가 증가 하였고, 심지어는 운전 중인 운전자와 동승자의 안전보장, 특히 전방 위험/사고 경보나 교차로 충돌 방지 및 경보 서비스 등에 활용하거나 센서 정보를 이용하여 차량의 위치나 상태정보를 차량 간 통신에 활용과 빠른 도착을 위한 교통 혼잡 및 각종 교통 정보 서비스에 대한 욕구가 늘어났다[1]. 또한 차량 내에서 방송, 동영상 등의 멀티미디어 정보와 인터넷 접속 등의 수요가 증가하였다. 하지만 현재 고속으로 운행 중인 차량들을 모두 중계기를 통해 인프라연결을 통하여 서비스를 제공하기에는 인프라 확장성과 차량의 이동성 제공에 한계가 있다. 그러한 흐름에 부응하고자 등장한 새로운 방향으로의 기술적 접근이 차량 간 통신이다.

ITS 기술은 발전된 통신 및 차량 기술을 이용해 운전자와 탑승자에게 다양한 정보를 제공할 수 있어야 한다[2]. 그렇기 때문에 차량 간 통신 (Vehicle To Vehicle Communication)을 위한 무선 네트워크 기술이 요구된다.

이동 서비스를 고려한 인터넷 프로토콜로는 IETF 워킹그룹의 Mobile IP[3],4세대 통신으로써 WiMAX, LTE 등이 존재한다. 하지만 이들은 주소 관리, 프로토콜 상호 운용성과 같은 네트워크의 주요 기능은 여전히 인프라망에 의존한다[4][5]. 토폴로지의 범위가 매우 큰 차량을 위한 네트워크 통신에서 모든 차량에 서비스를 제공 하기위해서는 막대한 예산과 인력, 시간이 요구된다. 반면 MANET[6]은 AP와 같은 유무선 인프라의 도움 없이 노드 간 통신이 가능하도록 하는 기술이다[4][5]. 이 구조에서는 통신을 도와주는 인프라가 존재하지 않는다. MANET을 구성하는 각 노드들은 서로 직접 네트워크를 구성하고 통신하고, 먼 거리의 노드와의 통신에서는 중간 노드들을 경유하여 통신한다. 애드 혹 라우팅 프로토콜은 이러한 모바일 애드 혹 네트워크의 특성을 반영하는 라우팅 프로토콜로써 노드 간 통신을 통해 무선 통신이 가지는 거리상의 한계를 극복하고자 고안되었다.

MANET 라우팅 프로토콜들은 크게 Proactive 방식과 Reactive방식[7] 그리고 이 두 가지 프로토콜의 특성을 섞은 Hybrid 방식의 세 가지로 나뉠 수 있는데, 대표적인 프로토콜로는 Proactive 프로토콜에 DSDV (Destination Sequence Distance Vector)[8]가 있고, Reactive 프로토콜로는 DSR (Dynamic Source Routing)[9], AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector)[10]가 있다.

VANET은 이러한 MANET의 한 형태로 차량 간 통신 (vehicle-to-vehicle communication) 또는 차량과 중계기의 통신 (roadside-to-vehicle communication)[11]을 제공하는 네트워크를 말한다. 하지만 VANET은 MANET과는 큰 차이를 보인다. VANET에서는 각 차량 장치가 애드 혹 네트워크의 노드와 같은 역할을 하게 되기 때문에 기본적으로 MANET과 같이 인프라 없이 무선 통신을 통해 노드 간 통신이 가능해야 한다. VANET는 주로 충돌 회피, 장애물 경고, 협업주행 등과 같이 운전자의 안전을 위한 기술과 데이터 전송 등의 운전자의 편의를 위한 기술, 그리고 비디오 스트리밍 서비스 등의 상업 중심적인 기술을 중심으로 발전 하고 있다. 이러한 기술들을 위해서 노드 간에 신속한 데이터의 전송 및 전파가 가능한 프로토콜이 필요하다.

그러나 VANET의 네트워크 토폴로지는 차량 환경의 특성상 고속의 이동성, 빈번한 네트워크 토폴로지의 변화 및 노드 밀도의 변화로 인해 기존 MANET 라우팅 프로토콜로는 안정적인 성능을 기대하는 것은 어렵다[12][13]. VANET은 노드의 고속 이동성에 의해 짧은 전송 시간, 낮은 데이터 전송률, 잦은 네트워크의 단절 그리고 급격한 토폴로지의 변화 등을 특징으로 한다. 특히 자주 발생하는 네트워크의 단절은 VANET의 프로토콜이 해결해야 할 과제이다. 또한 이러한 링크의 단절은 노드의 밀도가 낮을수록, 노드의 이동성이 높을수록 잦아져 심각한 성능 저하를 초래한다[14].

ITS 시장에서 차량 간 통신을 구축하기 위해서는 VANET 환경에 적합한 통신 프로토콜이 필요하다. 하지만 고속의 이동성이라는 특징 때문에 경로에 대한 단절이 빈번하게 일어나는 VANET에 적합한 라우팅 과 매체 접속 제어 프로토콜의 개발은 쉽게 이루어지지 않고 있다.

B. 연구 목적

본 연구에서는 VANET 환경에서 NS2를 통한 시뮬레이션으로 기존의 MANET 라우팅 프로토콜들과 매체 접속 제어 프로토콜에 대한 성능 분석을 하고, VANET

환경에 적합한 멀티미디어 통신 프로토콜을 연구하는 것을 그 목적으로 한다.

C. 논문 구성

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 VANET의 개념에 대해 기술하고, 제3장은 기존에 발표된 MANET의 대표적인 라우팅 프로토콜들에 관하여 고찰한다. 그리고 제4장에서 본 논문에서 제안 된 속도 인지 다중경로 라우팅 프로토콜에 대하여 기술한 후, 제5장에서는 제안 된 기술에 대해 네트워크 시뮬레이션툴인 NS2를 이용하여 검증 한 후, 제6장에서 결론을 맺는다.

II. VANET의 개념

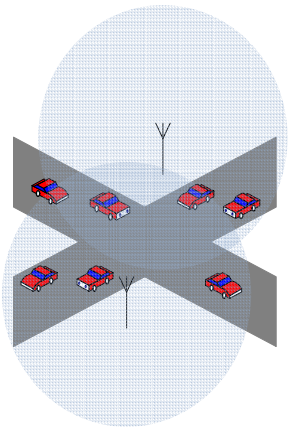
A. VANET의 특징

VANET은 차량간 지능형 통신을 수행하거나 교통의 안정성 및 효율을 증진시키기 위해 에드혹 네트워크및 무선 랜 (WLAN) 을 통합하는 네트워크이다. VANET은 집이나 회사와 같은 다른 장소에 온라인으로 연결되어 있는 사용자들과 길 위에 있는 차량을 유비쿼터스 형식으로 연결해 주거나 ITS에서 사용되는 차량 간 통신을 가능하게 해주는 기술이다. 따라서 이 기술은 IVC 혹은 V2V 통신 기술이라고도 불린다.

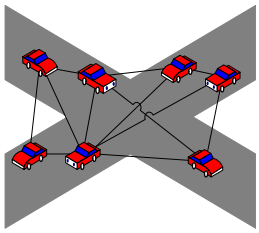
그림 2.1은 VANET에서 가능한 네트워크 아키텍처를 나타내고 있다. 그림 2.1(a)는 고정된 셀룰러 (Cellular) 게이트웨이와 무선 랜을 이용하여 라우팅을 위한 통신을 하거나 인터넷에 연결하는 아키텍처를 나타낸 것이고, 그림 2.1(b)는 인프라가 없이 모든 차량의 무선 통신 장치와 길 위에 있는 무선 통신 장치가 애드혹으로 연결되어 있는 아키텍처를 나타낸 것이다. 그림 2.1(c)는 하이브리드 아키텍처로써 무선랜/셀룰러 방식과 애드혹 방식을 결합한 것이다.

다른 네트워크에서 찾아볼 수 없는 VANET의 특징으로는 다음과 같은 것들이 있다.

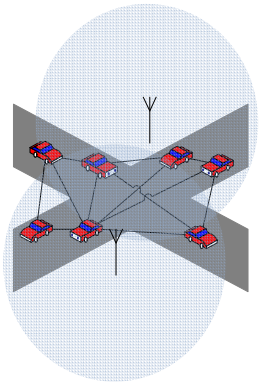
- 매우 동적인 토폴로지 : 차량들은 계속 움직이기 때문에 토폴로지 또한 계속 바뀌게 된다.
- 잦은 연결 실패 : 차량들의 이동으로 인해 라우팅 경로는 쉽게 실패할 수 있고 이는 잦은 연결 실패로 이어진다.
- 충분한 전력 및 저장 장치 : 차량 내부의 무선 통신 장치는 차량으로부터 전력을 제공받기 때문에 충분한 전력을 가질 수 있고 저장 용량 또한 크게 제한 받지 않는다.
- 빠른 지연시간 요구 : 차량을 빠르게 움직이기 때문에 데이터가 빠르게 도달될 수 있어야 한다.



(a) WLAN/Cellular/WiMAX/LTE



(b) Ad-Hoc



(c) Hybrid

그림 2.1 VANET의 네트워크 아키텍처

VANET을 위한 라우팅 기술은 에드혹 라우팅, 위치 기반 라우팅, 브로드캐스트 라우팅 등으로 분류할 수 있다. 에드혹 라우팅은 고정된 인프라가 없고 토폴로지를 스스로 구성하고 관리할 수 있어야 하며, 낮은 대역폭과 짧은 전송 거리를 가진다는 점에서 MANET과 유사한 면모를 보인다. 기존의 MANET을 위한 라우팅 기술로 AODV, DSR 등이 있지만, 이러한 기술들은 매우 동적인 토폴로지, 잦은 연결 실패, 빠른 지연시간 요구 등 VANET만이 가지는 독특한 특성들은 만족시키지는 못한다.

B. VANET의 분류

VANET의 Routing protocol을 분류 하자면 가장 크게 토폴로지 기반의 경로검색 방법과 위치 기반 방식의 경로 검색 방법으로 나뉜다[15]. 그 중 토폴로지 기반은 다시 두 가지 방식으로 나뉘는데 Bellman-Ford 알고리즘을 채택한 Table-driven 방식의 Proactive 방식과 이 문제를 해결한 On-demand의 Reactive 방식이다.

Table-driven은 애드 혹 네트워크를 위한 라우팅 알고리즘 중, 초기에 사용된 방식으로 다른 용어로 Proactive라고도 한다. 이 알고리즘은 유선환경의 인터넷에서 사용한 Bellman-Ford 방식을 애드 혹 네트워크에 적용한 것이다. Table-driven 알고리즘의 기본적인 동작은 애드 혹 네트워크 내에 모든 이동단말은 자신을 중심으로 하여 네트워크 내에 모든 이동단말까지의 라우팅 정보를 라우팅 테이블의 상시 유지하는 것이다. 모든 이동단말은 주기적으로 라우팅 정보를 다른 이동단말들에게 전달하고, 라우팅 경로가 변경 시는 다시 자신의 라우팅 정보를 방송한다. 이 Table-driven 알고리즘의 장점은 계속적으로 다른 이동단말들에 대한 라우팅 정보를 라우팅 테이블에 유지함으로써, 전송할 데이터 패킷이 발생 시 별도의 경로를 찾는 알고리즘 수행 없이 바로 라우팅 테이블의 정보를 이용하여 전송하면 됨으로 경로 획득 지연시간이 짧은 장점이 있다. 이러한 Table-driven 알고리즘은 네트워크가 유지되는 동안 계속적이고 주기적으로 라우팅 정보를 방송해야 한다. 이것은 무선 주파수의 사용에 제약이 존재하는 애드 혹 네트워크에서 노드의 숫자제곱에 따라 라우팅 정보의 패킷의 숫자가 증가하여 네트워크의 제약을 가한다. 또한 애드 혹 네트워크 같은 이동단말 들로만 이루어진 네트워크에서는 이동단말의 이동에 따라 라우팅 정보를 계속적으로 방송해야 함으로 라우팅 패킷으로 인한 overhead가 발생한다. 그래서 Table-driven 알고리즘은 노드의 숫자가 적은 소규모 네트워크나 유선환경의 네트워크에는 적합하나, 이동단말의 숫자가 많은 중/대형 네트워크에서는 많은 단점을 가지고 있다. 이를 구현한 라우팅 프로토콜은 Bellman-Ford 알고리즘을 전형적으로 사용한 DSDV 라우팅 프로토콜이 있다.

Table-driven 알고리즘과 다른 접근 방식으로 On-demand 방식이 존재한다. 이 알고리즘은 일명 reactive 알고리즘이라고도 불린다. 이 On-demand 알고리즘은 유선환경의 적합한 Bellman-Ford 알고리즘을 사용한 Table-driven의 단점을 해결하기 위하여 제안된 알고리즘이다. 이 알고리즘은 Table-driven 알고리즘처럼 네트워크 내에 모든 이동단말에 대한 전체 경로를 상시 유지하는 것이 아니라, 데이터 전송 필요시에만

경로를 획득하는 절차를 수행한다. On-demand 방식에 장점은 항상 라우팅 정보를 유지하는 것이 아니고, 필요시만 라우팅을 획득하는 절차를 수행함으로써 이동단말에 이동시에 변경된 라우팅 정보를 방송할 필요가 없음으로, Ad-Hoc 네트워크에 적합한 알고리즘이다. 그러나 경로 필요시에 라우팅을 얻는 절차를 수행한 후에 데이터를 전송해야 함으로, 라우팅 획득시간이 길어지는 단점이 있다. On-demand 알고리즘을 채택한 방식의 라우팅 알고리즘은 DSR, TORA, AODV 등이 있다.

위의 라우팅 프로토콜은 추가적인 장치를 차량에 장착하지 않는 점에서 차량 위치 정보나 디지털 맵을 이용하는 라우팅 프로토콜 보다 간단하고, 실용적이다[16][17].

그림 2.2 에서는 VANET의 Routing protocols에 대해 나타내었다.

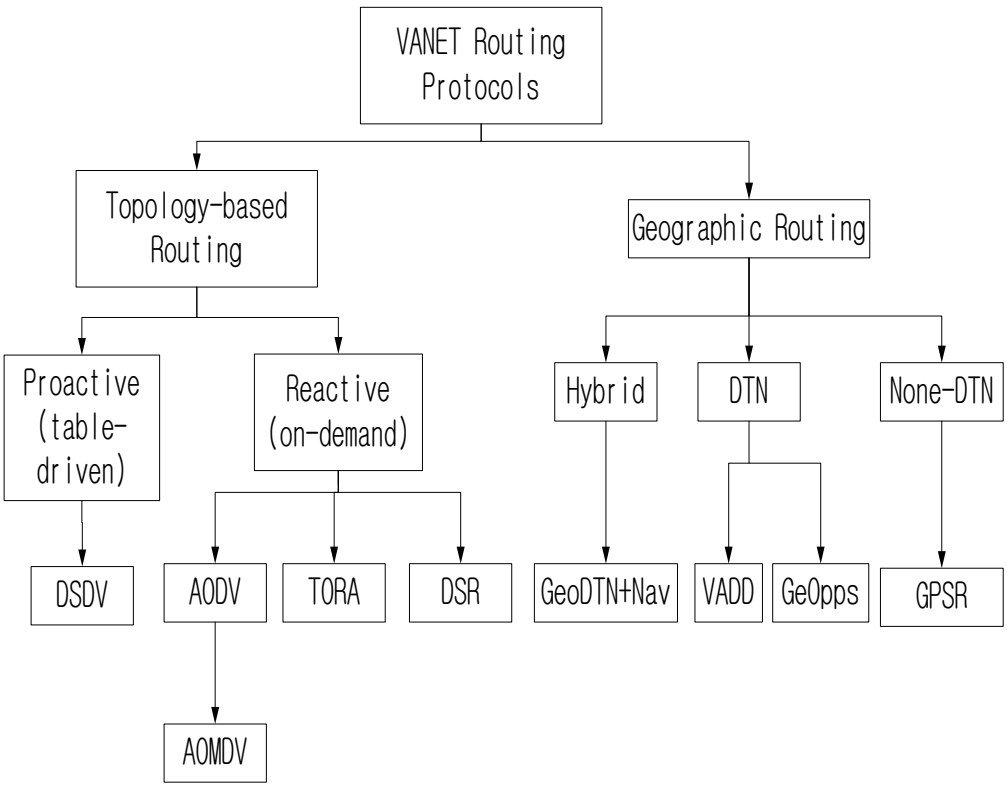


그림 2.2 Vehicular Ad-Hoc NETwork Routing protocol 분류

C. VANET의 응용분야

VANET의 응용 분야로는 크게 안전 지향, 편의 지향 및 상업 지향 나눌 수 있다. 안전 지향 분야는 도로의 커브 등 도로 표면과 주변 도로를 모니터한다. 차량들은 이런 정보의 메시지를 교환하고 공동으로 이러한 시나리오에서 다른 차량과 함께 작동한다. 주로 안정성 및 메시지의 지연 그리고 패킷의 완전한 전달이 주요 관심이다. 이 안전 지향 분야는 잠재적인 사고를 피하기 위해 비상상황하에서의 제동 등을 자동화할 수 있다. 편의 응용 프로그램은 주로 교통 관리 유형이다. 목표는 교통 흐름의 효율성을 최대화하는 것이다. 상용 지향으로는 오디오 및 비디오 스트리밍, 엔터테인먼트 및 웹 액세스 서비스와 같은 상용 서비스를 제공한다.

1. 안전 지향 응용분야

안전 응용 프로그램은 느리거나 정지 상황에 있는 차량의 차량 관리프로그램 등이 그 주변 차량에게 경고 메시지를 브로드캐스팅한다. 응용 프로그램의 또 다른 비슷한 유형은 비상 브레이크, 라이트이다. 게시물 충돌 알림, 사고 차량은 충돌 알림을 차량을 후행하는 차량 등에게 현재 상황에 대한 경고 메시지를 브로드캐스팅하고, 고속도로 순찰대 등에게 도움을 요청한다. 도로 위험 통제 알림은 도로가 산사태 등의 운전자가 인지하지 못한 천재지변에 대해 다른 자동차를 알려준다.

2. 편의 지향 응용분야

혼잡한 도로 감지, 경로 및 여행 계획에 사용할 수 있는 도로 상황에 대해 알려준다. 주차 상태 알림 과 같이 특정 지역에 주차장에 있는 슬롯의 가용성을 확인할 수 있고, 하이패스와 같은 요금 징수 프로그램도 그중 하나이다.

3. 상업 지향 응용 분야

차량 설정을 다운로드하거나 여러 설비들에 차량 정보를 업로드하는 원격 차량 진단, 멀티미디어 전송을 이용한 VOD등은 운전자와 동승자의 편의를 증대한다.

D. VANET 기술

IEEE 802.11 위원회에서는 미국 민간 표준화 단체인 ASTM 사양을 WAVE라 명하고 2004년 표준화 작업을 위한 Task Group를 설립하였다[18]. IEEE 802.11p WAVE의 주요 특징은 최대 200Km/H의 차량을 최대 54Mbps까지 지원 할 수 있는 무선 전송 기술로써 차량 네트워크의 특성을 고려하여 새롭게 WAVE BSS 개념을 도입하는 등 기존 IEEE 802.11 네트워크와는 상이한 기술적 특성을 갖는다[19].

III. MANET 라우팅 프로토콜

A. DSDV (Destination Sequence Distance Vector)

1. 벨만-포드 알고리즘

각 노드는 자신으로부터 데이터 전송이 가능한 목적지 노드까지의 distance 값을 인접한 노드의 distance vector 값을 이용하여 반복적으로 수정하여, 최단 경로를 구하는 Backward search algorithm이다. 벨만-포드 알고리즘은 가중 유향 그래프에서 최단 경로 문제를 푸는 알고리즘이다. 이때 간선의 가중치는 음수 일수 도 있다. 이와 비슷한 디익스트라 알고리즘은 벨만-포드 알고리즘과 동일한 작업을 수행하고 실행 속도도 더 빠르지만 디익스트라 알고리즘의 경우 가중치가 음수인 경우는 처리할 수 없으므로, 벨만-포드 알고리즘을 사용한다.

2. DSDV

DSDV는 벨만-포드 알고리즘에 근거하여 라우팅 데이터를 인접 단말과 교환하는 테이블 기반 알고리즘이다. 이 프로토콜에 따르면 각 단말은 개별적으로 소유한 라우팅 테이블의 정보를 이용하여 패킷을 전송한다.

표 3.1에서 Destination은 목적지의 물리적인 주소를 나타냐고, Metric은 목적지까지의 홉수를 나타낸다. Sequence Number는 라우팅 루프 형성을 방지하기 위해 설정한 값이다. 이 값은 단말이 기존의 라우팅 경로와 새로운 라우팅 경로를 구별하기 위하여 인접한 단말에 라우팅 테이블을 전송할 때 마다 1씩 증가된다.

표 3.1 DSDV 에 사용되는 라우팅테이블

Destination	다음 홉	Metric	Sequence Number
A	-	0	S206_A
B	B	1	S134_B
C	C	1	S312_C
D	B	2	S129_D
E	C	2	S339_E
F	B	3	S112_F

라우팅 테이블의 전송 방식은 전체배포와 부분 배포로 분류된다. 전체 배포는 라우팅 테이블의 모든 정보를 전송하는 것이며, 부분 배포는 마지막으로 성공한 전체 배포 이후에 변경된 항목만을 전송하는 것이다. 일반적으로 네트워크 트래픽을 줄이기 위하여 부분 배포를 하고, 단말이 네트워크에 새로이 참여하거나 탈퇴할 때와 같이 네트워크 토폴로지가 크게 변경되는 경우에 전체 배포를 한다.

DSDV는 라우팅 테이블의 정보를 이용하여 출발 단말과 목적 단말 간의 홉 수가 최소인 라우팅 경로를 최적의 라우팅 경로 선택을 한다.

B. DSR (Dynamic Source Routing)

1. 경로 검색 및 설정

DSR에서의 경로 설정은 두 노드 간에 통신의 필요성이 있을 경우에만 이루어지게 된다. 경로 설정은 한 노드가 RREQ 패킷을 브로드캐스팅하면서 시작된다. RREQ에는 요구식별자 (request id)가 부여된다. 그리고 각 보드는 최근에 수신된 RREQ를 확인하기 위해서 소스노드 주소와 요구식별자를 가지는 리스트를 관리한다. RREQ를 브로드캐스팅한 노드의 전송 영역 내에서 RREQ를 수신한 노드들은 다음과 같은 방법으로 경로를 검색, 설정한다.

첫번째로 자신이 수신한 RREQ가 요구식별자 리스트에 포함이 되어 있는지를 확인하고, 리스트에서 발견될 경우는 중복된 RREQ이므로 폐기한다.

두 번째로 리스트에서 동일한 요구식별자가 발견되지 않을 경우는, RREQ를 수신한 호스트는 RREQ상의 라우트 레코드 내에 자신의 주소가 있는 지를 확인한다. 만약, 자신의 주소가 발견될 경우 경로에 루프를 제거하기 위해 그 RREQ는 폐기한다.

세 번째로 RREQ상의 라우트 레코드에서 자신의 주소가 발견되지 않은 경우 자신이 RREQ의 목적지인지를 확인하다. 만약 자신이 목적지일 경우 RREQ상의 라우트 레코드에 기록된 경로와 자신의 주소를 RREP 패킷에 담아 RREQ 패킷을 발생시킨 소스노드에게 전송한다. 만약 자신이 RREQ의 목적지가 아닐 경우 자신의 주소를 RREQ의 라우트 레코드에 추가 시키고 RREQ를 다시 브로드캐스팅한다.

그림 3.1은 Vehicular Ad-Hoc NETwork Routing protocol 분류은 소스 노드 S에서 목적지 노드 D까지의 경로를 발견하는 예를 보여 주고 있다. 그림에서 처음에 소

스노드 S는 자신의 주소를 RREQ의 라우트 레코드에 삽입시키고 RREQ를 브로트캐스팅한다. 이웃노드 A와 B는 수신한 RREQ가 요구식별자 리스트에 포함되었는지 확인하고, 리스트에 없으므로 수신한 RREQ의 라우트 레코드에 각각 자신의 주소 A와 B를 추가 시키고 RREQ를 다시 브로드캐스팅한다. 노드 A로부터 브로드캐스팅된 RREQ를 이웃노드 S와 C가 수신하며 노드 S는 수신한 RREQ가 요구식별자 리스트에 이미 있으므로 그 RREQ를 폐기한다. 그러나 노드 C는 수신한 RREQ가 요구식별자 리스트에 없으므로 수신한 RREQ의 라우트 레코드에 자신의 주소 C를 추가 시키고 RREQ를 다시 브로드 캐스팅한다. 위와 같은 동작은 RREQ가 목적지 노드인 D에 도착 할 때까지 계속된다. 목적지 노드 D는 RREQ를 받은 자신의 주소 D를 RREQ의 레코드에 추가 시킨 뒤 그림 3.2와 같이 RREP를 생성한 후 발견된 경로 (S/A/E/G/D)의 역방향 경로 (D/G/E/A/S)를 이용하여 유니케스팅 방식으로 발견된 경로 (S/A/E/G/D)를 포함한 RREP를 소스노드 S로 보낸다.

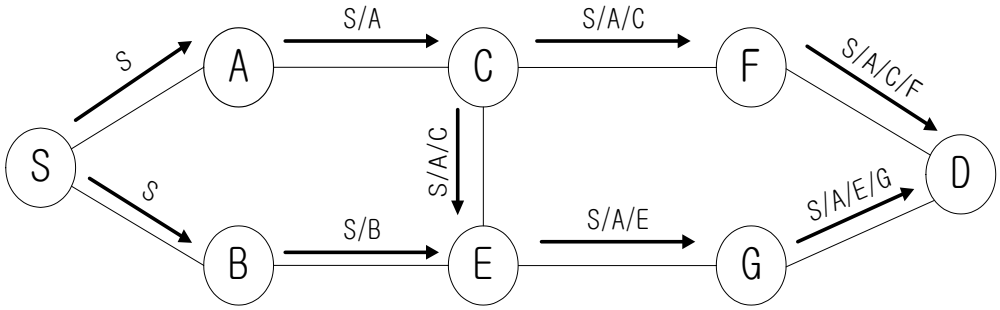


그림 3.1 RREQ를 이용한 경로 검색

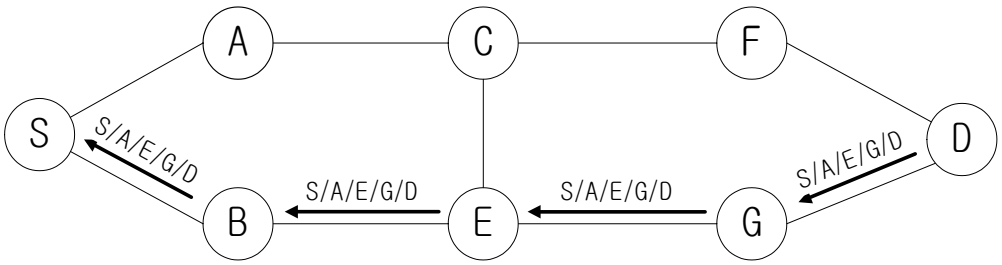


그림 3.2 RREP를 통한 RREQ에 대한 응답

2. 경로 유지 및 복구

DSR에서는 주기적인 라우팅 정보의 교환이 없기 때문에, 경로 발견 과정을 통하여 얻은 경로를 사용하면서 각각의 중간 노드들은 경로 유지 과정을 통하여 경로의 동작 상태를 감시한다. 양방향 링크를 지원하는 모바일 애드혹망에서 사용되는 DSR에서는 데이터 패킷을 이웃노드로 전송하는 노드가 패킷 전송 시 이웃 노드 사이에 링크가 유효한지 MAC layer의 지원 하에 즉시 확인할 수 있다. 이때 패킷 전송노드와 이웃 노드사이에 링크가 유효하지 않다면 패킷 전송 노드는 경로에러가 발생하였음을 감지한다. 그러한 경우 경로 에러를 발견한 노드는 경로에 에러가 발생한 링크의 양족 노드의 주소를 포함한 경로에러 패킷을 만들고 그 패킷을 즉시 소스노드로 보내어 경로에 에러가 발생했음을 알려준다. 경로에러 패킷을 소스노드로 전송하는 과정에서 경로에러 패킷을 수신하는 노드들은 자신의 캐쉬를 살펴보고 에러가 발생한 부분을 포함하는 모든 경로를 캐쉬내에서 삭제한다. 경로에러 패킷을 받은 소스노드는 목적지 노드까지의 다른 경로가 있는지 자신의 캐쉬를 살펴보고 없으면 데이터 패킷을 전송할 새로운 경로를 찾기 위해 새로운 RREQ패킷을 생성하여 새로운 발견과정으로 들어간다.

C. GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing)

1. Greedy 포워딩

GPSR은 크게 Greedy 포워딩과 Perimeter 포워딩으로 구성되어 있다[20]. 먼저 각 노드는 이웃 노드들의 위치 정보를 일정시간의 주기로 서로 교환하여 자신과 이웃 노드의 위치 정보를 알고 있다. 전송을 시작할 때, 그림 3.3에서 도시한 바와 같이 송신 노드는 자신과 이웃 노드의 위치정보로서 목적지까지의 거리를 Euclidean 거리 측정법으로 얻어진 기하학적 거리를 이용하여 지리적으로 목적지 노드까지 가장 가까운 노드를 다음 노드로 선택하는 라우팅 방식이다. 이와 같은 다음 노드의 선택 방법은 전송을 시작한 소스 노드에서부터 목적지 노드까지의 경로로 구성되어지는 모든 노드들에게 최종 목적지 노드에 가장 가까운 노드를 선택할 때까지 반복되어 진다. 그림 3.4와 같이 더 이상 보내진 패킷이 Greedy 방법으로 포워딩이 가능하지 않게 되면 Perimeter 포워딩이 수행되어진다.

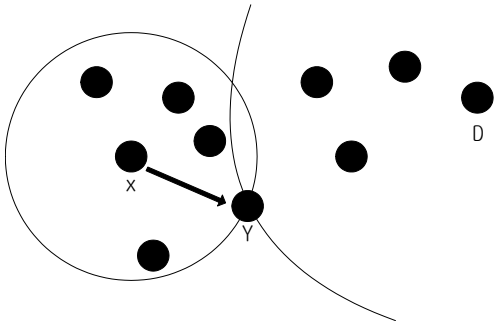


그림 3.3 Greedy 포워딩

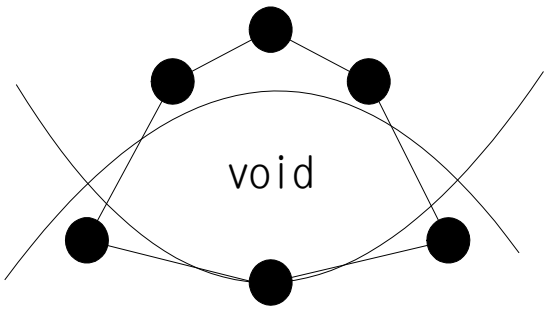


그림 3.4 Perimeter 포워딩이 필요한 경우

2. Perimeter 포워딩

Greedy 노드 영역과 Perimeter 노드 영역을 구별 지어, 각 노드를 포함하는 그림 3.5에서 보여주는 RNG라 칭해지는 연관된 이웃 그래프를 계산한다. Perimeter에서는 그림 3.6의 오른손 법칙에 따라 각 노드를 따라 이동하다가 도착지와 가장 가까운 노드에 위치하게 되면 그 전에 Greedy 포워딩이 실패한 위치부터 다시 Greedy 포워딩을 다시 시작하게 된다.

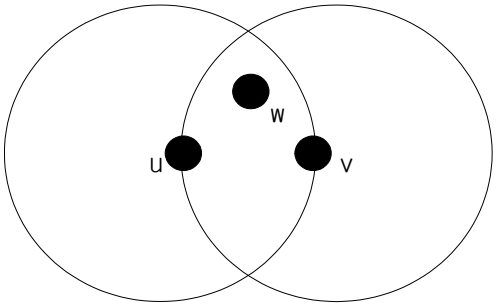


그림 3.5 RNG

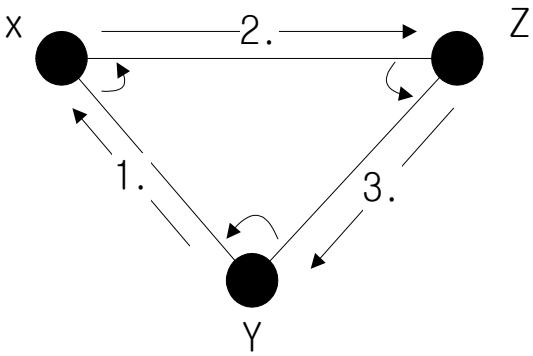


그림 3.6 Perimeter의 오른손 법칙

D. AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector)

1. 경로 검색 및 설정

AODV의 경로 검색 절차는 전달할 데이터가 처음 발생한 소스노드와 활성 경로를 통해 데이터를 전송하던 중 링크 단절이 발생하여 경로 복구를 수행하는 중간 노드에 의해 시작할 수 있으며, 이들 노드들은 RREQ 패킷을 무선 네트워크 내에 포워딩 한다. 그림 3.7은 RREQ가 포워딩 되는 과정이며, 그림 3.8은 RREQ 패킷 구조이다. 소스노드 S가 목적지 노드 D에게 보낼 데이터가 발생하면 자신의 시퀀스 번호를 1 증가시킨 후, RREQ를 이웃 노드들에게 브로드캐스팅한다. RREQ 패킷을 수신한 노드들

은 자신이 목적지 노드가 아니고 라우팅 테이블에 목적지 노드에 대한 정보가 있는 경우와 RREQ의 목적지 시퀀스 번호보다 라우팅 테이블의 목적지 시퀀스 번호가 더 크면, 즉 자신의 정보가 더 최신의 정보일 경우에만 RREP에 응답을 한다.

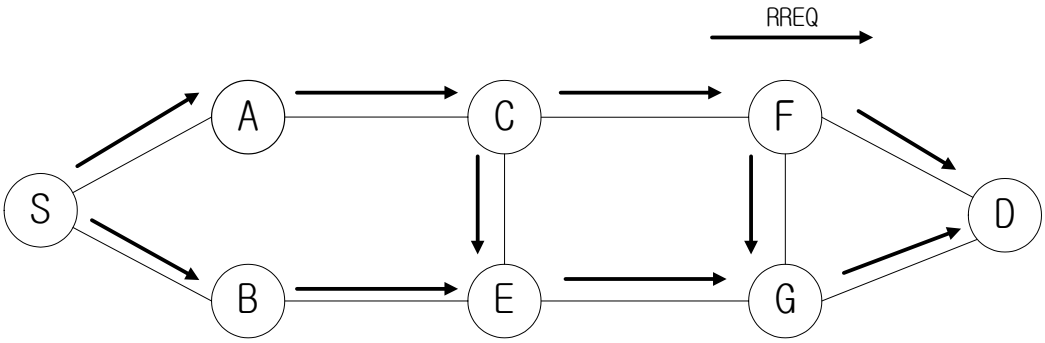


그림 3.7 AODV의 RREQ 플러딩 과정

Type	Reversed	Last hop	Hopcount	RREQ ID
Destination IP Address		Destination Sequence Number		
Originator IP Address		Originator Sequence Number		

그림 3.8 RREQ 패킷 구조

만약 자신이 목적지 노드가 아니고 라우팅 테이블에 목적지 노드에 대한 정보가 없거나 더 작은 목적지 시퀀스 번호의 목적지 정보를 가지고 있는 경우, 소스노드까지의 역 경로를 라우팅 테이블에 저장하고 홉 수를 1 증가하여 이웃 노드들에게 다시 브로드캐스팅한다. 그림 3.9는 목적지 노드 D가 RREQ를 수신한 경우 목적지 시퀀스 번호를 1 증가하고 도착한 RREQ에 있는 홉 수 값을 RREP에 복사하여 역 경로를 따라 소스 노드에게 유니케스팅하여 경로를 설정하는 과정을 나타낸다. 이 때 그림 3.10은 RREP 패킷의 구조이다.

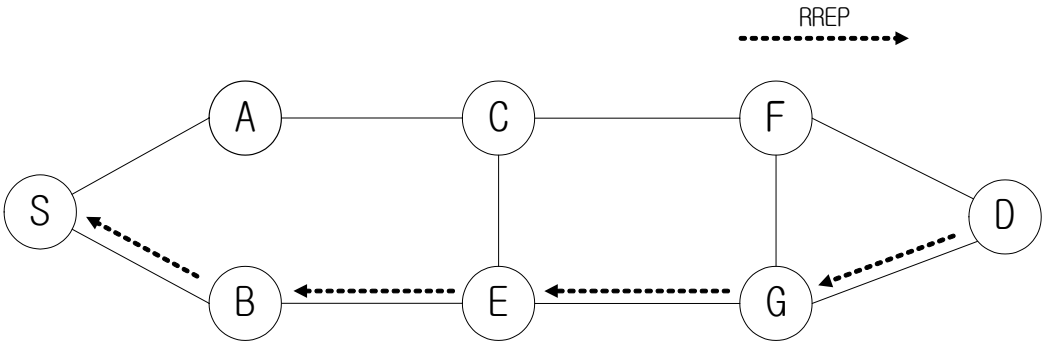


그림 3.9 AODV의 RREP 플러딩 과정

Type	Reversed	Prefix Size	Hopcount
Destination IP Address		Destination Sequence Number	
Originator IP Address		Lifetime	

그림 3.10 RREP 패킷 구조

2.경로 유지 및 복구

앞의 AODV 경로 검색 및 설정과정을 통해 생성된 경로는 데이터 전송 중에는 경로가 유지 되어야 한다. 그러나 노드의 경로 이동 및 고장 등으로 인하여 경로 중산에 단절이 발생한 경우, 현재 AODV 경로를 복구하기 위하여 경로 단절을 발견한 단절 상위 노드는 두 가지 중 한 가지 방식으로 처리를 한다.

첫째, 경로가 단절된 노드가 목적지 노드로부터 가까운 곳에 생겼다면, 지역 복구를 통해 경로를 복구한다. 경로가 단절된 노드가 목적지 노드로부터 가깝기 때문에 경로를 소스 노드부터 목적지 노드까지 재설정할 필요가 없으므로 지연시간을 단축 시할 수 있고, RREQ 패킷의 플러딩 범위를 줄여서 RREQ 패킷의 개수를 줄일 수 있기 때문이다.

둘째, 경로가 단절된 노드가 소스노드에 가까우면, 단절 상위노드는 RERR 패킷을

이용하여 소스노드에게 통보하고 소스노드는 이에 대응하여 새롭게 경로 검색 과정을 하게 된다. 이때 경로가 단절된 노드부터 목적지 노드까지의 모든 패킷은 폐기된다.

E. AOMDV (Ad hoc On-demand Multipath Distance Vector)

1. 라우팅 테이블

AOMDV[21]의 라우팅 테이블은 AODV의 라우팅 테이블과 작은 차이를 제외하고 거의 동일하다. 그림 3.11은 AODV와 AOMDV의 라우팅 테이블의 차이를 보여 주고 있다.

우선 AOMDV의 라우팅 테이블은 기존에 없던 advertised hop count를 위한 공간이 있다. advertised hop count는 순차 번호가 바뀌었을 때마다 업데이트 된다. 즉, 새로운 경로 검색을 시행하였을 때 변경되는 것이다. 그리고 AODV와는 달리 경로가 다수이므로 경로가 하나가 아닌 리스트로 저장된다. 그리고 경고를 식별하기위해 firsthop을 사용하고 있다.

Destination IP Address	Sequence Number	Hop count
Next hop	Expiration_timeout	

Destination	Sequence Number	Advertised hop count	
Route list			
hop_count 1 hop_count 2 . .	next_hop 1 next_hop 2 . .	first_count 1 first_count 2 . .	expiration _timeout 1 expiration _timeout 2

그림 3.11 AODV 와 AOMDV 라우팅 테이블

2. 경로 검색 및 설정

AODV와 마찬가지로, AOMDV에서는 소스 노드가 통신을 하기 위해 목적지 노드까지의 경로가 필요할 때 경로 검색 및 설정을 위한 탐색을 실행한다. 이때 소스 노드는 경로 검색을 위한 RREQ 패킷을 브로드캐스팅한다. 이 패킷을 받은 중산 노드들은 패킷을 보낸 노드들을 잠재적인 역 경로로 간주한다. 이 역 경로는 목적지 노드에서 소스 노드로의 경로를 일컫는다. 중간 노드는 이 노드가 자신의 역 경로 라우팅 테이블에 저장 되어 있는 경로들과 link disjoint하는지 RREQ 패킷 안에 저장된 firsthop과 RREQ를 브로드캐스팅한 노드 주소를 이용하여 판별한 후에 link disjoint일 경우, 자신의 역 경로로 라우팅 티이블에 저장한다. 그 다음, 중간 노드는 패킷에 지정된 목적지 IP를 확인 후 자신이 목적지가 아닐 경우, RREQ 패킷을 다시 브로드 캐스팅으로 포워딩한다.

이 때 AODV의 경우, 다른 중간 노드를 경우해온 동일한 RREQ 패킷을 수신하였다

면 이미 소스 노드까지의 역경로가 설정되어있기 때문에 그 패킷은 폐기가 된다. 하지만 AOMDV의 경우 이를 수신하여 잠재적인 새로운 역경로로 간주해 라우팅 테이블에 저장할지를 판별하게 된다.

자신의 역경로 라우팅 테이블에 기 저장된 경로와 소스 노드는 같지만 경유하는 노드가 다른 RREQ를 수신한 중간 노느는, 새로운 독립 경로로 간주하고 자신의 역경오로 라우팅 테이블에 그 경로를 저장한다. 하지만 이 RREQ은 link disjoint 경로를 지원하기 위해 다시 브로드캐스팅하지 않고 폐기된다.

이렇게 전송된 RREQ 패킷이 최종적으로 목적지 노드에 도착하면, 목적지 노드는 중간 노드와 마찬가지 방법으로 자신의 라우팅 테이블을 갱신하고 RREP 패킷을 전송하게 된다. 이때 여러 개의 RREQ 패킷을 수신할 수 있으므로, 목적지 노드는 패킷을 받은 수만큼 응답하지 않고 일정 수만 된다. 이때에는 패킷 안의 firsthop과는 상관없이 응답을 하는데, 이는 경로 차단 문제가 발생할 수 있기 때문이다.

그림 3.12는 경로 차단 문제가 발생하는 상황을 보여 주고 있다. 목적지 노드 D가 받은 RREQ 패킷은 모두 첫 홉이 A인 RREQ 패킷이다. 하지만, 지금 현재 역 경로는 D->E->D->C->A->S와 D->E->D->C->B->S, 두 개의 경로가 있다. 중간 노드인 C가 하나의 RREQ 패킷만을 브로드캐스팅 했기 때문에 목적지 노드가 수신하는 RREQ의 firsthop은 모두 A로 동일하지만, 실제로는 두 개의 다른 경로가 있는 것이다 .

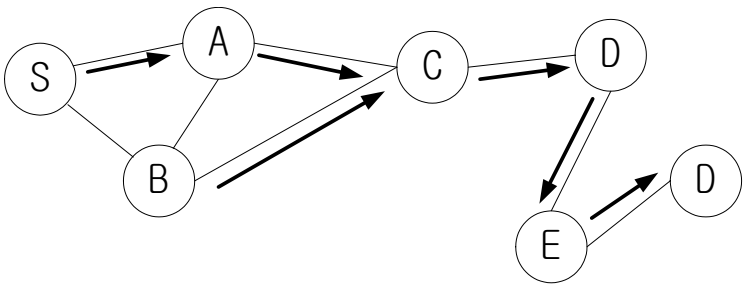


그림 3.12 경로 차단 문제

그리고 모든 RREQ 패킷에 응답하는 것이 아닌 일정수의 응답만 하는 것은, 너무 많은 RREP 패킷으로 인한 성능 저하를 막기 위해서 이다. 그리고 너무 긴 경로까지 모두 검색하여 전체 네트워크의 성능을 떨어뜨릴 수 있는 것 또한 방지할 수 있다.

목적지 노드는 RREQ 패킷을 유니캐스팅한다. RREP 패킷을 수신한 중간 노드는 RREQ 패킷과 동일한 방법으로 순경로 라우팅 테이블에 저장하고, 자신의 역 경로 라우팅 테이블에 저장된 다음 노드로 RREP 패킷을 전송한다. 이렇게 전송된 RREP 패킷이 최종적으로 소스 노드에 전달이 되면, 소스 노드는 통신을 시작하게 된다. 그림 3.13에 AOMDV의 경로 검색 및 설정 과정을 도식화 하였다.

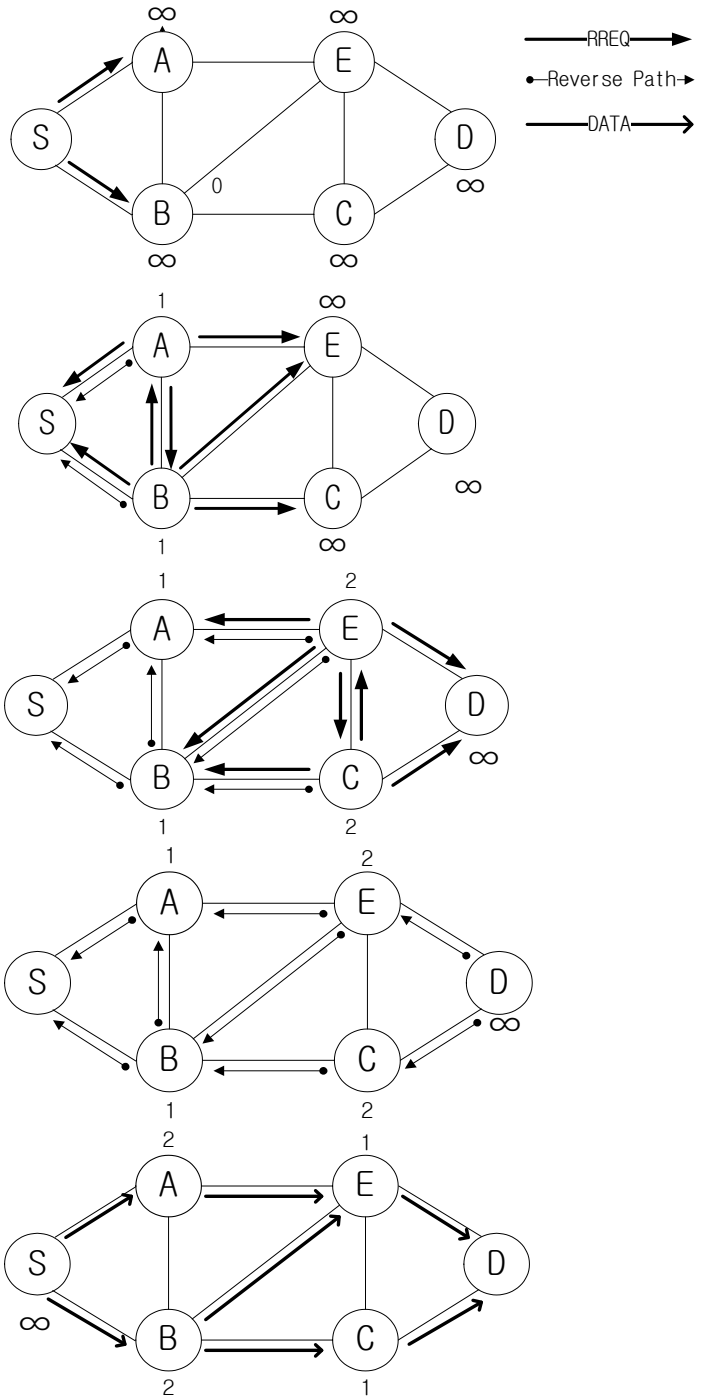


그림 3.13 AOMDV 경로 검색 과정

3. 경로 유지 및 복구

AOMDV에서의 경로 유지는 AODV와 거의 동일하다. AODV에서 경로를 찾지 못하였을 때 발생하는 RRER 패킷도 사용하고 있다.

경로 갱신 기법은 AODV에서 사용하던 것을 다중 경로로 그대로 전환하였다. 라우팅 테이블을 보면, 검색 경로마다 timeout 시간이 저장되어있음을 알 수 있다. 이전에는 하나의 경로만을 갱신한다면, AOMDV에서는 저장되어 있는 모든 경고를 하나씩 갱신한다.

IV. 제안한 routing protocol (HM-AOMDV) 설계

A. 차량의 현재 속도 전달 방법

그림 4.1과 4.2는 AOMDV와 HM-AOMDV의 헬로우 패킷 구조를 보여주고 있다. AOMDV에서 노드들은 주기적으로 링크의 연결 상태를 알기 위하여 헬로우 패킷을 사용한다. 노드들은 이 헬로우 패킷을 사용하여 이웃 노드들의 상태를 파악하며, 일정 시간 동안 이웃 노드로부터 헬로우 패킷을 받을 수 없다면, 라우팅 테이블에서 헬로우 패킷을 보내지 못한 노드의 정보를 삭제한다.

HM-AOMDV역시 이 헬로우 패킷을 이용한다. 헬로우 패킷에 현재의 차량 속도 정보를 포함하여 다른 이웃 노드들에게 보내게 되고, 이 헬로우 패킷을 받은 이웃 노드들은 현재 차량의 속도 정보를 바탕으로 라우팅 테이블을 업데이트 하게 된다.

Type	Source IP Address

그림 4.1 AOMDV 헬로우 패킷 구조

Type	Source IP Address	Speed(Km/s)

그림 4.2 HM-AOMDV 헬로우 패킷 구조

B. HM-AOMDV 용어

Mf : 안정적인 경로의 설정을 위해, 이웃 노드로부터 받은 차량의 속도 정보를 통해 재정의된 차량의 이동성을 나타내는 인자로서, 그 범위는 0~1이며 이웃 차량과 상대속도가 0일 때 최대값을 갖고 다음 차량과의 링크 유지시간은 최대가 된다. Mf값이

클수록 안정적인 경로로서 판단, 통신을 위한 다음 노드로서 선택되어 진다. Mf값은 각 이웃 차량들로부터 헬로우 패킷을 받을 때 마다 다시 계산되며, 주변 환경이 자주 변화 하므로 헬로우 패킷 인터벌 시각 간격마다 0으로 초기화된다.

Mf_{pre} : Mf가 헬로우 패킷을 받아 재계산되기 이전의 Mf값으로서 주변 환경이 자주 변화 하므로 헬로우 패킷 인터벌 시각 간격마다 0으로 초기화된다.

r : 차량 간 상대속도 값으로, 헬로우 패킷을 받아 계산하게 된다.

N : 현재까지 받은 헬로우 패킷의 수로서, 헬로우 패킷을 받을 때마다 갱신하며, 주변 환경이 자주 변화 하므로 헬로우 패킷 인터벌 시각 간격마다 0으로 초기화된다.

w : Mf 계산을 위한 가중치 값이다.

C. Mobility Factor

(1)을 이용함으로써 Mf는 노드의 헬로우 패킷을 받아 계산되어 진다.

(1)은 각 차량의 상대속도를 반영하고 수치적으로 표현하기 위해 지수함수 $(1+r)^{-w}$를 사용하였다. 그리고 단일 차량과의 상대속도만을 적용하는 것이 아닌, 주변 헬로우 패킷을 송신한 모든 주변 차량과의 상대속도를 적용하기 위해 두 번째로 수신 받은 헬로 패킷부터 기존의 Mf를 반영, 평균값으로 Mf를 연산, 갱신하도록 한다.

$$Mf = \frac{(1+r)^{-w} + (Mf_{pre} \times (N-1))}{N} \tag{1}$$

그리고 얻어진 Mf는 그림 5.3에서 설명하는바와 같이 RREP 패킷에 포함되어 이웃 노드에 전파되어 자신의 Mf값을 알리게 된다. Mf는 RREP 패킷을 보내는 차량과 그 차량을 둘러싼 이웃 차량 사이의 상대속도를 뜻하는 것이므로, 소스 차량과 목적지 차량 사이에 더욱 안정적인 경로 설정에 매우 중요한 역할을 한다.

그림 4.3에서 보는 바와 같이 “$Mf = 1$“일 때 상대속도는 0을 나타낸다. 상대속도가 0일 경우 주파수의 범위 안에서 물리적인 거리에 따른 링크가 깨어질 확률이 줄어들고, 링크의 연결 유지가 길어질 수 있도록, 높은 Mf를 가지고 있는 경로를 찾아야 한다.

<table>
<tr><td>Type</td><td>Reversed</td><td colspan="2">Hopcount</td></tr>
<tr><td colspan="2">Destination IP Address</td><td colspan="2">Destination Sequence Number</td></tr>
<tr><td colspan="2">Originator IP Address</td><td>Life time</td><td>Time Stamp</td></tr>
<tr><td colspan="2">RREP ID</td><td colspan="2">First hop</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mobility factor</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

그림 4.3 HM-AOMDV RREP 패킷 구조

또한 그림 4.4는 Mf을 위해 지수함수를 사용한 이유를 알 수 있다. 그림은 상대속도와 w에 따른 Mf 변화를 나타낸다. Mf에서는 지수함수 곡선을 사용함으로써 작은 상대속도를 가진 차량과의 관계에서 자세하게 차이를 두어 구별할 수 있게 한다.

예를 들어 고속도로 모델에서 많은 차량들은 각 차선별로 유사한 속도로 이동하게 된다. 반면에 어떤 차량들은 빠르게 높은 속도로 차선을 앞질러 갈수 있고, 고속도로에서 들어오거나 나가기 위해 낮은 속도로 입출구로 진출입할 수도 있다.

특별히 w의 값이 0.3인 경우, Mf은 1.00이 되며 상대속도는 0 Km/h이다. 반면 Mf가 0.5일 때 상대속도는 약 10 Km/h 이다. 앞의 예시처럼 차량 간 작은 상대 속도의 범위에서 쉬운 Mf의 차이값를 나타내기 때문에 w를 0.3으로 선택하였다.

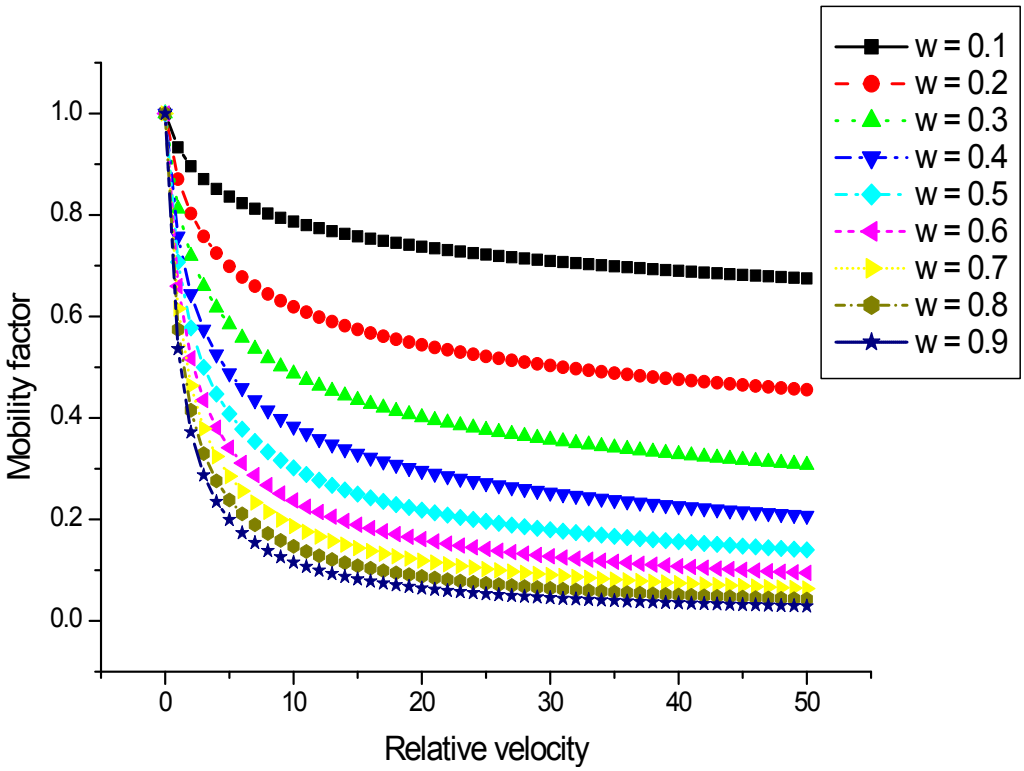


그림 4.4 상대속도와 w에 따른 Mf 변화

그림 4.5에서 Mf를 이용한 경로 선택 방법의 예시를 나타내고 있다. 노드 A는 80Km/h로 이동하고 있으며, 역시 80Km/h로 이동 중인 노드 B로부터 헬로우 패킷을 수신하였다. 패킷에는 노드 B의 현재 속도가 포함되어 있으며, 이때의 노드 A의 Mf는 노드 B에 관하여 1.0이 된다. 그리고 노드 A가 다시 90km/h로 이동 중인 노드 C로부터 헬로우 패킷을 수신하게 되면, (1)에 의해 Mf는 0.7435로 다시 계산된다. 그 후 노드 D와 노드 E로부터 받은 헬로우 패킷으로부터 같은 계산을 거쳐 Mf를 구하게 되고, 이 Mf는 RREP에 포함되어 다른 이웃 노드들에게 전송된다.

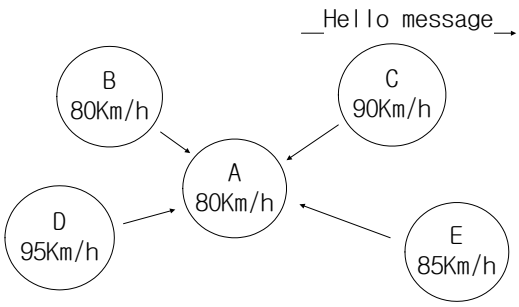


그림 4.5 헬로우 패킷으로부터의 속도정보를 이용한 Mf 계산의 예

D. Mobility Factor를 이용한 안정적인 경로 선택

그림 4.6은 RREP 패킷을 수신하였을 때 안정적인 경로 설정을 위한 HM-AOMDV 흐름도를 도시하고 있다. 헬로우 패킷을 받은 후 노드는 Mf를 계산하고 RREP와 더불어 전송되어 진다.

RREP 패킷을 받는 노드는 첫째 RREP 패킷의 라우팅 경로의 노드 목록에서 원본 IP 주소를 읽는다. 소스 IP 주소와 노드의 IP 주소와 일치하지 않으면, 라우팅 테이블 엔트리에 목적지를 위한 다음 홉으로 기록한다. 반면에 소스 노드로 향하는 다음 홉은 역경로 라우팅 테이블 엔트리에서 찾을 수 있다. 그런 다음 노드는 역경로를 따라 RREP를 소스 노드 쪽으로 전송하게 된다.

소스 노드는 첫 번째로 RREP 패킷에서 목적지 시퀀스 번호를 읽고, 둘째로 라우팅 테이블에 있는 이전 대상 시퀀스 번호와 함께 최신 시퀀스 번호를 비교한다. 라우팅 테이블에서 대상 시퀀스 번호는 최근에 보낸 시퀀스 번호보다 더 큰 경우, RREP 패킷은 삭제된다. 하지만 최근에 받은 시퀀스 번호가 라우팅 테이블에 있는 이전에 저장된 목적지 시퀀스 번호보다 높으면, RREP에는 최근의 정보가 포함되어 있다. 셋째, 이전의 패킷의 Mf와 최근에 받은 패킷의 Mf를 비교한다. 이전에 받은 패킷의 Mf가 최근에 받은 패킷의 Mf 보다 큰 경우, 이 경로는 대체 경로로 설정된다. 한편, 최근 받은 패킷의 Mf이 그 이전 패킷의 Mf보다 크다면, 상대 속도의 차이가 그 이전보다 더 작다는 것을 의미한다. 이때의 경로는 이전보다 안정적이고, 링크 유지시간 또한 길다. 마지막으로 소스는 목적지 시퀀스 넘버를 업데이트하고, 다음 홉 필드와 유효 플래그를 지우며, 라우팅 테이블에서 새로운 다음 홉 필드와 유효 플래그를 저장한다.

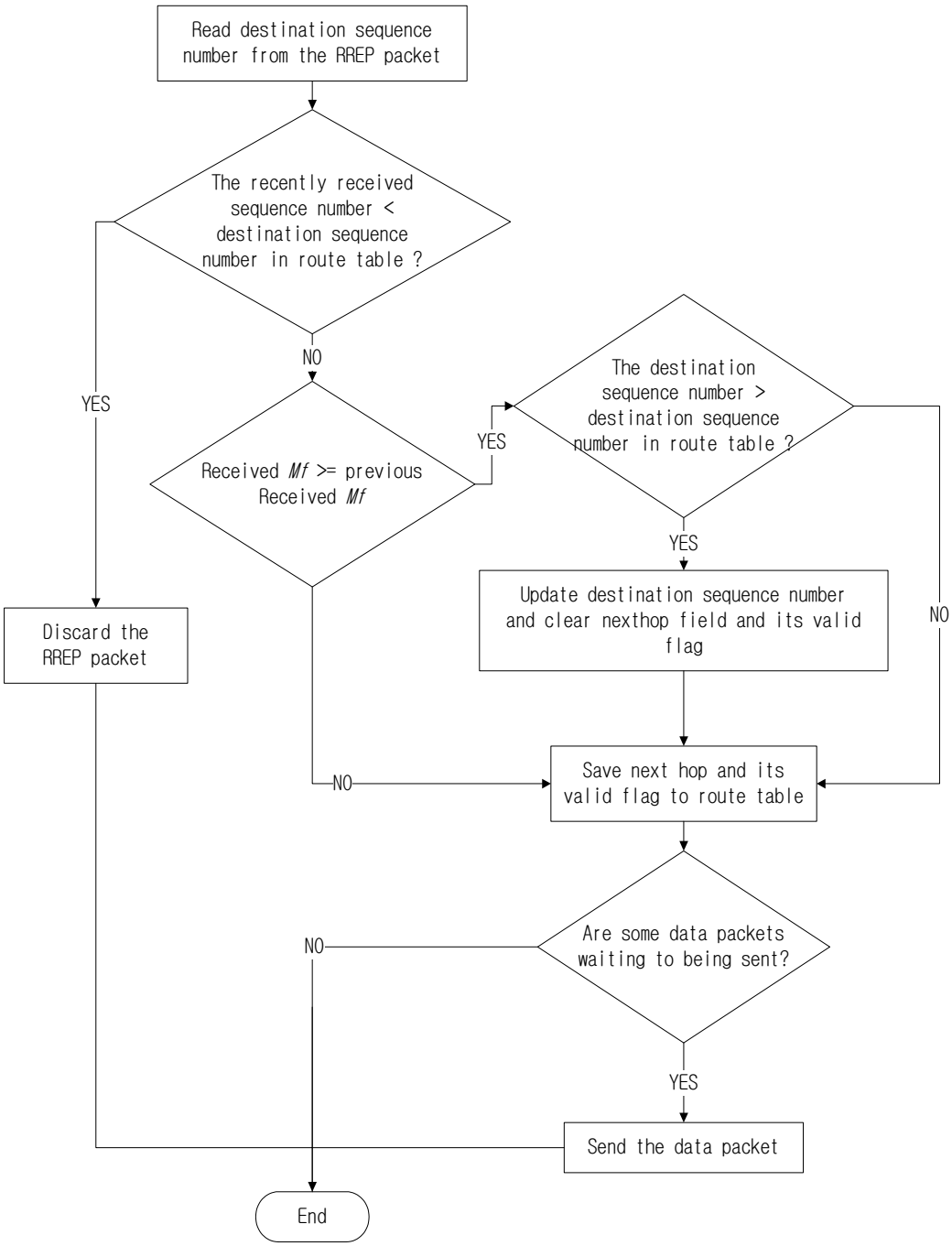


그림 4.6 RREP 패킷을 수신한 경우 안정적인 경로 설정을 위한 HM-AOMDV 흐름도

V. 실험 및 고찰

A. 실험 방법

본 논문에서 제안한 알고리즘들은 네트워크 시뮬레이터인 NS2의 최신 버전인 2.34를 사용하여 실험하였다. 주파수 도달 범위는 250m, 단일 방향의 고속도로 모델에서의 50개의 노드가 사용 되었고 MAC으로서 IEEE802.11이 사용 되었다. 첫 번째 시뮬레이션에서는 라우팅 프로토콜로서 proactive 방식의 대표적인 DSDV와 reactive방식인 AOMDV 그리고 제안한 HM-AOMDV를 사용하여 PDF, NRL, 패킷 손실률과 RERR 발생횟수를 멈춤이 없는 고속도로 모델에서 최대 속도를 80Km/h에서 120Km/h로 변화하며 측정하였다. 두 번째 시뮬레이션에서는 제안한 라우팅 프로토콜을 사용하여 3차선을 지닌 고속도로 모델에서 80Km/h에서 100km/h의 임의적으로 등속도 이동을 하는 노드의 모델을 사용하여, 실제에 가깝게 토폴로지를 적용하고, 전송 후 영상의 품질과 프레임별 PSNR을 측정하였다. 영상 전송은 소스 노드와 목적지 노드를 설정하고 노드들이 움직이며, 중계 노드로서의 기능을 하게끔 하였다. 모든 시뮬레이션에서는 트래픽 모델로서 UDP/CBR모델이 사용되었고, 패킷크기는 512bytes로 설정되고, 패킷 발생률은 초당 4개의 패킷이 발생한다. 영상전송을 위해 실제 전송과 가깝게 800kbps로 패킷을 전송하였고, MPEG4구조가 사용되었으며 원본영상으로는 “akiyo” 영상이 사용되었다.

본 논문에서 성능 지표로서 데이터 전송에는 데이터 패킷 전달률 (Packet delivery fraction), 라우팅 패킷 발생률 (NRL : Normalized Routing overLoad), 종단 간 평균 지연 (End to end delay), 패킷 손실률, 그리고 RERR 패킷의 발생 빈도가 사용되었으며, 영상 전송으로는 평균전력 (PSNR : Peak Signal to Noise Ratio)이 사용 되었다.

B. 실험 비교 분석 및 결과 고찰

가. 차량의 최대 속도에 따른 라우팅 프로토콜 성능 비교

그림 5.1은 라우팅 프로토콜의 노드의 최대 속도에 따른 PDF 성능 변화를 보여 주

고 있다. DSDV의 경우 proactive 방식으로 토폴로지가 자주 변화하는 환경에서는 좋지 않음을 보여 준다. 제안한 HM-AOMDV의 경우 최대 속도가 빨라지더라도 Mf를 이용하여 기존의 AOMDV와 비교 했을 시 최대 약 10% 정도의 성능 향상을 보여주며 이는 기존대비 안정적인 경로를 선택했음을 보여준다.

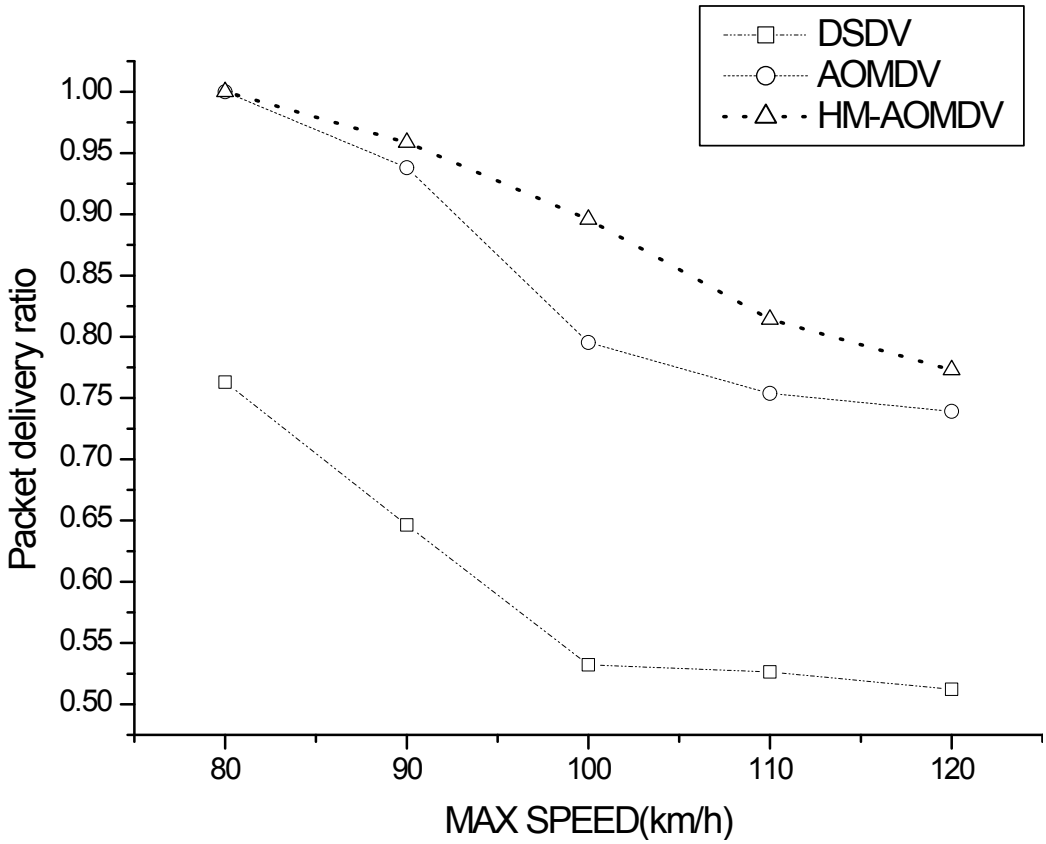


그림 5.1 데이터 패킷 전달률

그림 5.2는 전체 패킷의 손실률을 나타내고 있다. 이는 모든 패킷의 손실률을 나타낸 것으로 데이터를 보내기 전에 모든 경로를 설정하는 proactive 방식인 DSDV는 토폴로지가 자주 변화하는 VANET에서는 맞지 않음을 보여 주고 있다. 처음 속도가 상대적으로 빠르지 않는 환경에 비해 토폴로지가 상시로 변화하는 최소 최대 속도가 상대

적으로 많이 차이나는 환경에서는 패킷 전송률이 급격하게 상승하는 것을 볼 수 있다. 하지만 reactive인 AOMDV의 경우 패킷을 보낼 때마다, 링크가 끊어질 때마다 경로를 설정하기 때문에 토폴로지의 환경이 급하게 변화하는 경우에도 DSDV에 비해 상대적으로 패킷의 손실률이 적다. 또한 Mf를 사용하여 안정적인 경로를 선택하는 제안한 HM-AOMDV의 경우 최대 속도가 빨라지더라도 기존의 AOMDV 비해 패킷의 손실이 최대 6% 개선되었음을 알 수 있다.

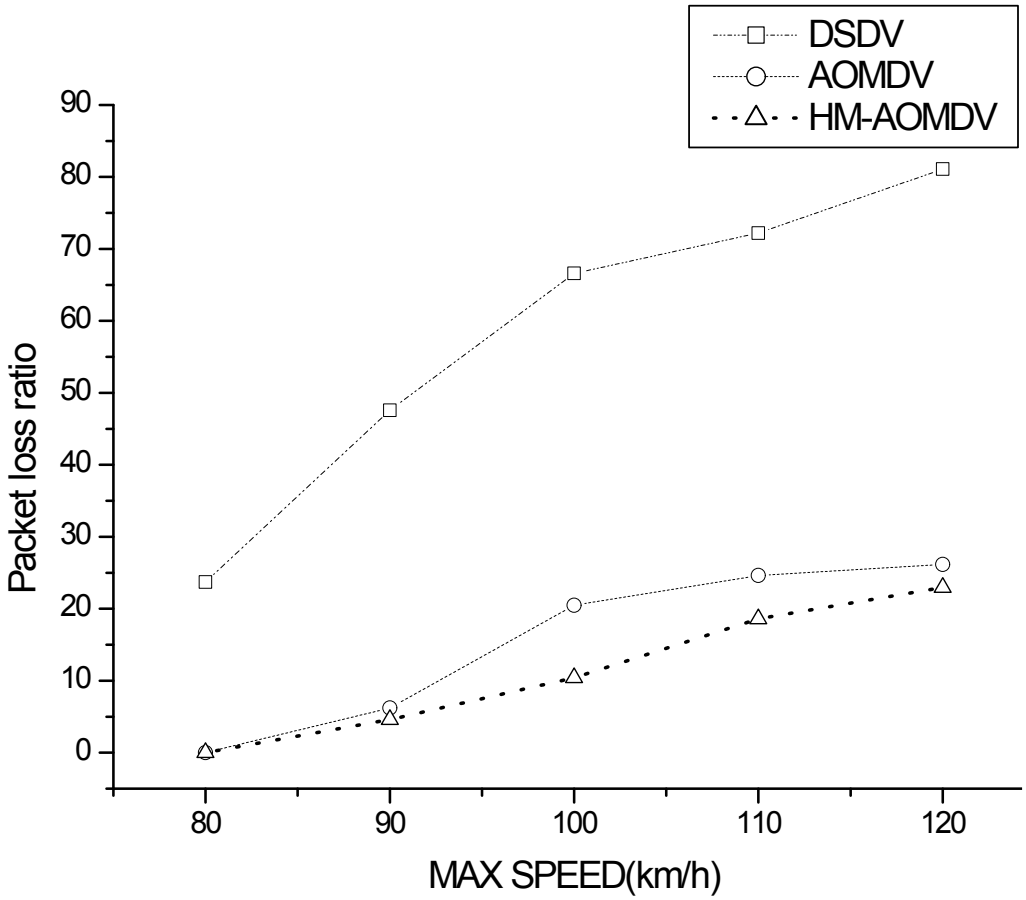


그림 5.2 패킷손실률

그림 5.3는 데이터 패킷당 발생한 라우팅 패킷의 수를 보여주고 있다. NRL의 경우

보낸 데이터 패킷 당 발생한 라우팅 패킷의 수 이므로 적은 값일수록 보다 안정적인 경로를 검색하여 데이터 패킷을 전송한 경우이다. 제안한 HM-AOMDV의 경우 기존의 AOMDV와 비교 시, 상대적으로 안정된 경로를 찾고, 경로의 끊어짐이 줄어들게 되므로 경로를 찾을 때 필요한 라우팅 패킷의 요구가 최대 15% 줄어들게 된다..

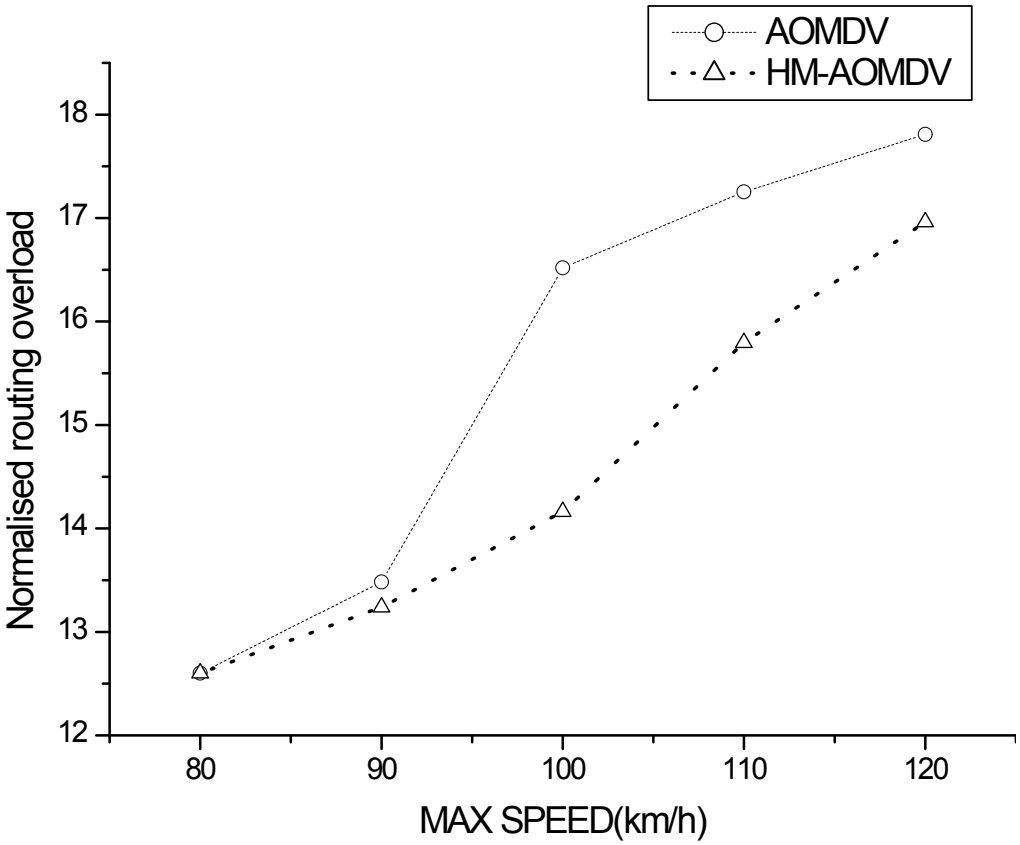


그림 5.3 Normalised Routing overLoad

그림 5.4은 RERR 패킷의 발생 수를 도시하고 있다. RRER 패킷은 링크의 끊어짐을 알리는 패킷으로, RERR이 많이 발생할수록 불안정한 환경에서의 결과값임을 알 수 있으며, 상대적으로 안정적인 경로를 찾지 못했음을 알 수 있다. 상대속도가 같아 토폴로지의 변화가 없는 환경에서는 경로의 끊어짐이 없으므로 RERR 패킷은 발생하지

않지만, 최대 속도가 증가하면서 노드간의 상대적인 속도가 빨라지게 되고, 토폴로지의 변화가 자주 일어나기 때문에 경로의 변화가 자주 일어나고 안정적인 경로를 선택할수록 RERR 패킷의 발생 횟수 또한 줄어든다.

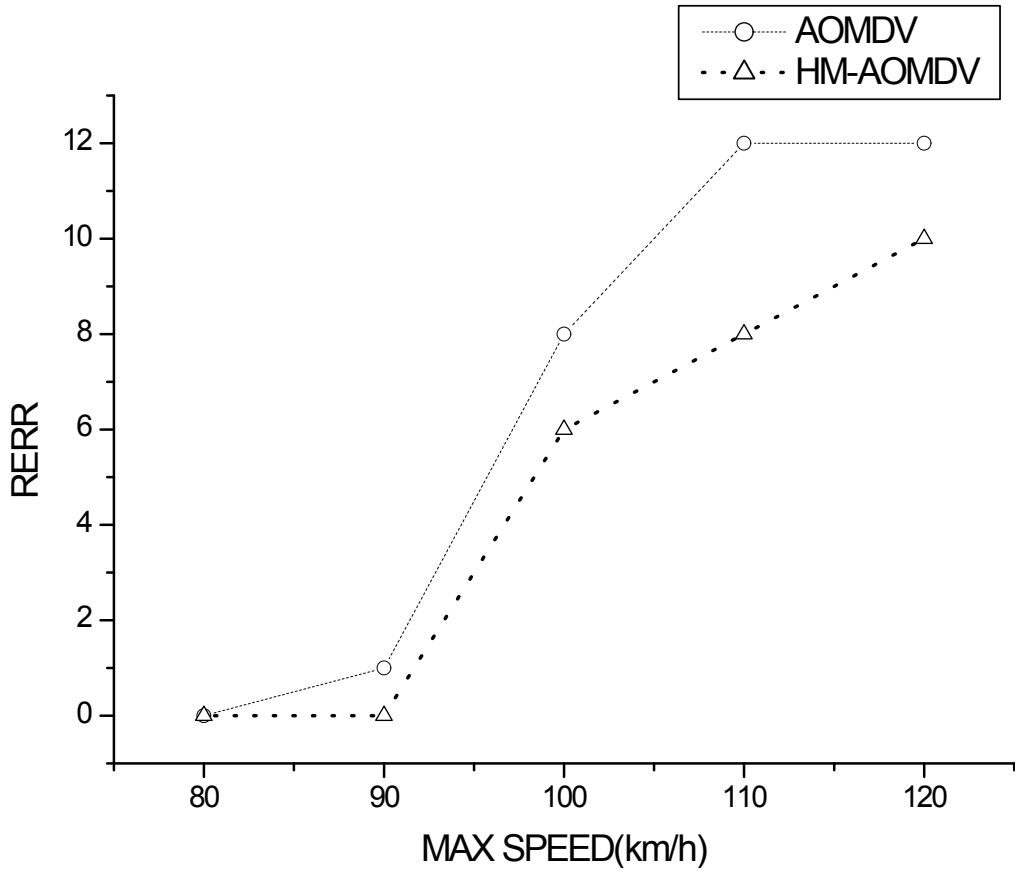


그림 5.4 RERR (링크 끊어짐의 발생 빈도)

그림 5.5는 영상 전송을 통해 AOMDV와 HM-AOMDV의 결과를 비교하여 보았다. HM-AOMDV의 경우 변화하는 토폴로지를 잘 반영하여 PSNR은 38.78dB로 기존 AOMDV의 35.57dB보다 성능이 향상되었음을 알 수 있고, 변화율인 stv역시 기존 5.77에서 4.18로 상당부분 개선되었음을 알 수 있다.

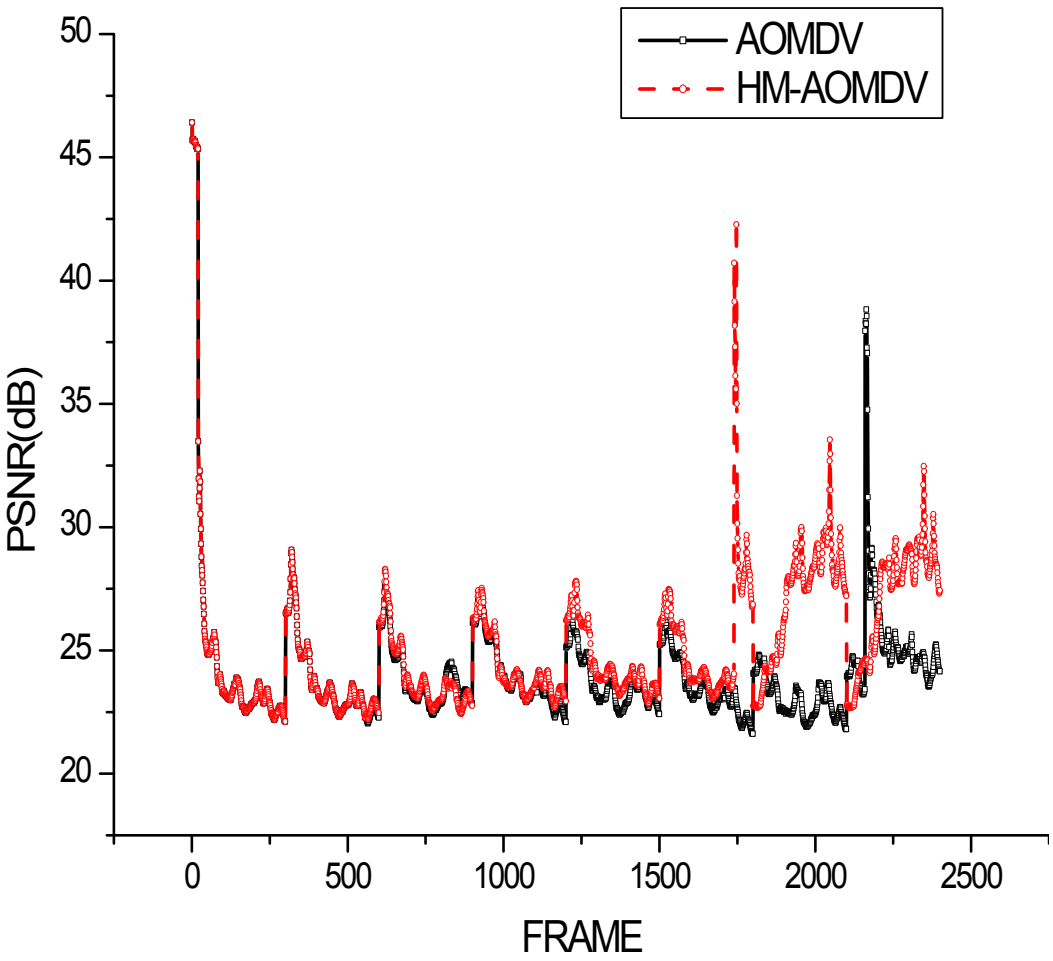


그림 5.5 영상 전송 후 프레임별 PSNR

그림 5.6과 5.7은 위의 실험 데이터에서 2000,2001,2002프레임의 영상을 나타내고 있다. 5.6은 AOMDV를 이용한 영상전송으로써 5.7의 HM-AOMDV에 비해 아나운서의 얼굴의 식별이 어려움을 보여준다.

그림 5.6 AOMDV를 이용한 영상 전송 시퀀스
(좌 : 전송 전 영상, 우: 전송 후 영상)

그림 5.7 HM-AOMDV를 이용한 영상 전송 시퀀스
(좌 : 전송 전 영상, 우: 전송 후 영상)

VI. 결론

본 논문에서는 MANET의 라우팅 프로토콜을 이용, VANET의 환경에 적합하도록 주변 노드의 정보를 수신하여 경로를 설정하는 라우팅 프로토콜로서 지리정보를 활용하지 않고 이웃 차량으로 부터 이웃 차량의 현재 정보를 수신하여 차량은 그 정보를 바탕으로 연산을 통해 안정적인 경로를 찾는 프로토콜을 제안을 제안하고 그 성능을 확인하였다. 그리고 제안한 프로토콜을 검증하기 위하여 네트워크 시뮬레이터인 NS2를 이용하여 다음과 같은 사실을 확인하였다.

대표적인 성능평가의 지표인 PDF에서는 DSDV의 경우 최대 73%에서 51%의 결과를 보여준다. 이는 proactive 알고리즘이 토폴로지의 변화가 심한 경우에서는 적합하지 않는 것을 보여준다. AOMDV의 경우 토폴로지의 변화가 없는 환경에서는 100%의 전송률을 보였지만 최대 속도가 상승함에 따라 약 94,79,75,73%로 전송률이 변화하지만 HM-AOMDV의 경우 약 96,89,81,77%로 전송률이 전송률이 변화되며 AOMDV 비교대비 최대 10%의 성능 향상이 있었다. 이는 제안한 HM-AOMDV는 기존의 AOMDV보다 안정적인 통신이 가능하도록 경로를 잘 검색해 내는 것을 확인할 수 있엇으며, 패킷 손실률 역시 PDF와 유사한 경향을 보여 준다. DSDV는 최소 23.7%에서 81.1%의 손실을 보여주는 반면에 AOMDV는 최소0%에서 26%의 손실률을 보여주고 HM-AOMDV는 최소 0%에서 22%의 손실률을 보여주었다. 또한 네트워크를 구성하기 위해 필요한 라우팅 패킷의 발생정도를 보여주는 NRL의 경우 HM-AOMDV가 AOMDV의 최대 17.8087보다 적은 16.9629로서 약 5%정도의 성능향상을 보이고 링크의 끊김을 나타내는 RRER 패킷의 수의 경우 역시 HM-AOMDV가 최대 10회로 AOMDV의 12회보다 약 16%정도 성능향상을 보였다. 마지막으로 영상 전송 역시 AOMDV는 24.07dB, HM-AOMDV는 25.19dB로 약 PSNR 대비 약 4%의 성능향상을 보여 주었다.

이와 같은 결과에서 제안된 시스템은 VANET에서 지리정보를 사용하지 않고 차량의 속도 정보를 이용함으로써 기존의 속도정보를 사용하지 않는 경로검색 프로토콜대비 성능향상이 있음을 알 수 있다. 이는 위치 정보를 사용하지 못하는 환경에서 안정적인 통신을 위한 시스템으로 활용할 수 있을 것이다. 예를 들어 가거대교의 일부분인 국내 최초의 해저침매터널, 부산 거제 간 연결도로 3.7km 구간에서는 GPS정보를 활용하지 못하므로 위치정보를 기반으로 하는 경로검색 프로토콜은 사용이 불가능하게 된다. 이

러한 환경에서 제안한 프로토콜은 위치 정보를 사용하지 않으므로 통신의 안정성을 보장하고, 비디오스트리밍 서비스 등의 상업적 서비스 뿐 만 아니라 터널 내에서 발생할 수 있는 사고 수습에도 활용 할 수 있다. 앞으로, 다양한 토폴로지에 최적화된 프로토콜 알고리즘 개발, 멀티미디어 전송 지향적 알고리즘 등에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.

참고 문헌

[1] 조한벽, “차량간 통신을 활용한 텔레매틱스/ITS 서비스 구현 및 표준 현황”, Mar 2007.

[2] Mark W. Maier, “On Architecting and Intelligent Transport Systems,” IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 33, pp. 610-325, Apr 1997.

[3] C. Perkins, “Mobile IP”, IEEE Communication Magazine, IEEE, pp.84-99, May 1997.

[4] 권해연, 신재욱, 이병복, 최지혁, 남상우, 임선배, “이동 Ad-hoc네트워크 기술동향”, 전자통신동향분석, 제18권, 제2호, 2003.

[5] 권해연, 신재욱, 이병복, 최지혁, 남상우, “이동 Ad-hoc네트워크 서비스”, 전자통신동향분석, 제18권, 제4호, 2003.

[6] S. Corson and J. Macker, "Mobile Ad Hoc Networking (MANET): Routing Protocol Perfornlance Issues and Evaluation Consideration ", Internet Engineering Task Force WG Charter, 1999.

[7] Elizabeth M. Royer, C-K Toh, “A Review of Current Routing Protocols for Ad-hoc Mobile Wireless Networks”, Personal Communications, IEEE, 1999.

[8] C. Perkins, P. Bhagwat, “Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers”, In Proceedings of the ACM SIGCOMM’94 Conference on Communications Architectures,Protocols and Applications, pp. 234-244, Aug/Sept 1994.

[9] D. B. Johnson, D. A. Maltz, Y. Hu, “The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)”, RFC 4728, July 2007.

[10] C. Perkins, E. Belding-Royer, S. Das, “Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing”, Request for Comments 3561, Internet Engineering Task Force(IETF), July 2003.

[11] J. Luo and J. P. Hubaux, “A Survey of Inter-Vehicle Communication,”

School Comput. Commun. Sci., EPFL, Lausanne, Switzerland, Tech. Rep. IC/2004/24, 2004.

[12] B. Selvaretnam and D. Wong, "Handling the InterVehicular Communications Challenge - A Survey," ICCS, pp. 86-90, Sept 2004.

[13] H. FiiBler, M. Mauve, H. Hartenstein, M. Kasemann, and D. Vollmer, "Location-based Routing for Vehicular Ad-Hoc Networks," ACM Mobicom , vol. 7, pp. 47-49 , Jan 2003.

[14] Jeremy J. Blum, Azim Eskandarian, and Lance J. Hoffman, "Challenges of Intervehicle Ad Hoc Networks," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 5, pp. 347-351, Dec 2004.

[15] Keven C. Lee and Mario Gerla, "Opportunistic Vehicular Routing," 2010. European Wireless Conference, pp. 873-880, Apr 2010.

[16] C. Schwingenschlogl and T. Kosch, "Geocast Enhancements of AODV for Vehicular Networks," ACM Mobile Computing and Communications Review, vol. 6, pp. 96-97, July 2002.

[17] C. Maihofer, "A Survey of Geocast Routing Protocols," IEEE Communications Second Quarter, vol. 2, pp. 12-22, June 2007.

[18] 유석대, 조기환, "차량안전 통신 기술 동향", IITA 주간기술동향, 1292호, 2007.

[19] D. Jiang, L. Delgrossi, "IEEE 802.11p: Towards an International Standard for Wireless Access in Vehicular Environments," Proc. IEEE VTC-Spring, May 2008.

[20] B. Karp and H.T. Kung. "GPSR : Greedy perimeter stateless routing for wireless networks," In ACM MOBICOM, Boston, MA, 42 Aug 2000.

[21] S.R.Das, et al. "On-demand Multi-path Distance Vector Routing for Ad-Hoc Networks," ICNP, pp. 11-14, Nov 2001.

[22] Wikipedia, http://en.wikipedia.org/.

[23] IEEE802, http://ieee802.org/.

[24] Network simulator (ns-2), http://www.isi.edu/nsnam/ns/.

[25] Myevalvid, http://hpds.ee.ncku.edu.tw/~smallko/ns2/Evalvid_in_NS2.htm/.

저작물 이용 허락서

학 과	정보통신공학과	학 번	20097489	과 정	석사
성 명	한글 이 원 일	한문 李 元 一	영문 Lee Won Il		
주 소	광주광역시 동구 서석동 375 조선대학교 전자정보공과대학				
연락처	e-mail : tastanos@chosun.kr				
논문 제목	한글 : 차량 에드혹망을 위한 속도 인지 이중 경로 라우팅 프로토콜				
	영문 : Velocity Aware Multipath routing Protocol for Vehicular Ad-Hoc Networks				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건 아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집과 형식상의 변경을 허락함 (다만, 저작물의 내용변경은 금지함)
3. 배포・전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함
6. 조선대학교는 저작물 이용의 허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속 대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송・출력을 허락함

동의여부 : 동의 (○) 반대 ( )

2011 년 8 월 25 일

저작자 : 이 원 일 (인)

조선대학교 총장 귀하