

차량 통신 환경에서 GeoRouting 프로토콜 성능 분석

Performance Analysis of GeoRouting Protocol in Vehicle Communication Environment

안 성 찬*, 이 주 영*, 정 재 일**

Sung-Chan An*, Joo-Young Lee*, Jae-Il Jung**

Abstract

The Multihop Routing of vehicle communication environment is difficult to maintain due to heavy fluctuation of network topology and routing channel according to the movement of the vehicle, road property, vehicle distribution. We implemented GeoNetworking on the basis of ETSI(European Telecommunication Standard Institute) to maintain the vehicle safety service. GeoNetworking has its own way that delivers the data through the Unicast and Broadcast.

In this paper, we compared performance index such as packet delivery ratio, end-to-end delay about GeoNetworking using the QualNet Network Simulator. Previous research assessed performance of GeoUnicast. This research has been additionally performed about GeoBroadcast, and we progressed algorithm performance through the comparison of CBF(Contention based Forwarding) of GeoUnicast with Greedy forwarding of GeoBroadcast.

요 약

차량 통신 환경의 멀티 홉 라우팅은 차량의 이동성, 도로 특성, 차량 분포에 따라 네트워크 토폴로지 및 라우팅 경로의 심한 변동 때문에 지속적으로 유지하기 어렵다. 차량 안전 서비스 유지를 위해 유럽 통신 표준(ETSI: European Telecommunication Standard Institute)을 기반으로 하여 GeoNetworking을 구현하였다. GeoNetworking은 유니캐스트와 브로드캐스트로 데이터를 전달하는 방식이 있다.

본 논문에서는 QualNet 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 GeoNetworking에 대한 패킷 전달율과 중단 간 지연 등의 성능 지표를 비교하였다. 이전 연구[5]는 GeoUnicast의 성능만을 평가했다. 본 연구에서는 GeoBroadcast에 대한 연구도 추가적으로 수행하였고, GeoUnicast의 CBF(Contention based Forwarding)와 GeoBroadcast의 Greedy 전달 알고리즘을 비교하여 GeoNetworking에 대한 알고리즘 성능 평가를 진행하였다.

Key words : GeoNetworking, ETSI, CBF, Greedy forwarding, QualNet

* Contributor, Hanyang University

*★ Corresponding author

** Responsible author, Dept. of Electronic Engineering, Hanyang University(jijung@hanyang.ac.kr, 02-2220-0352)

※ Acknowledgment

"This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(NRF-2011-0023177)"

Manuscript received Sep. 17, 2014; revised Sep. 26, 2014; accepted Sep. 26, 2014

1. 서론

최근 차량 애드 혹 네트워크는 차량 관련 선진국들을 중심으로 이미 많은 개발 프로젝트들이 진행되고 있고, 연구결과 운전자의 안전과 편의성, 그리고 상업용 서비스를 실현해가고 있다.

차량 통신 기술은 V2X(Vehicle to Everything) 통신을 목표로 하며 운전자에게 안전 운전에 필요한 정보를 제공하고, 주행 중 무선 통신을 통한 미디어 서비스와 같은 다양한 응용 서비스가 가능하도록 하는 것이 핵심 기술이다.

차량 통신 네트워크 환경은 높은 이동성을 가진 차량의 이동패턴, 도로의 특성(고속도로, 도심 교차로 등), 차량의 밀집도(도로 내 교통량 등)으로 인해 네트워크 토폴로지(topology)가 자주 변화되어 라우팅 경로의 변동이 심하다. 따라서 이전 연구[5]에서 연구되었던 GeoUnicast의 성능 평가와 본 논문에서 연구한 GeoBroadcast에 대한 성능 평가를 비교해 차량 통신에 좀 더 적합한 성능을 나타내는 알고리즘을 확인할 수 있었다.

본 논문에서는 유럽 차량 통신 표준을 기반으로 하여 차량 통신 환경에서의 라우팅을 위해 QualNet 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션 환경을 구성하고 GeoNetworking에 대한 성능 평가를 진행하였다. 본문에서는 유럽 통신 표준 프로토콜에 대한 설명과 차량 통신과 관련된 GeoNetworking에 관한 설명, 시뮬레이션을 위한 설정을 서술하였다. 실험결과에서는 시뮬레이션 결과에 대해 비교분석하였고 마지막으로 결론에서는 본 논문에서 사용하였던 알고리즘에 대한 비교분석을 하여 차량 통신 환경의 멀티 홉 라우팅에 좀 더 적합한 알고리즘에 대해서 서술하였다.

II. 본문

가. 유럽 차량 통신 표준 프로토콜

유럽에서 추진되고 있는 차량 통신 표준인 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)의 ITS(Intelligent Transport System)표준은 IEEE 802.11로 구성된 액세스 계층(PHY, MAC)과 네트워크/전송, 퍼실리티, 응용 계층 등으로 구성되어 있다. 유럽 차량 통신 기술의 주된 요구사항은 고속으로 이동하는 차량에 대한 통신이기 때문에 매우 짧은 무선 접속 시간에 대한 차량 각각에 대한 개별적인 차량 메시지 전송 기능이 요구된다.

ETSI의 ITS 표준은 다음 그림 1과 같이 구성된다. ETSI의 ITS 표준에서 차량 통신 시스템은 IEEE 802.11p로 구성된 액세스 계층(PHY, MAC), 멀티 홉을 지원하는 네트워크/전송 계층, 안전 메시징인 CAMs(Cooperative Awareness Messages), DENM(Decentralized Environmental Notification Messages)를 생성하는 Facilities 계층, 그리고 보안 및 응용 계층이 있다. IEEE 802.11p는 차량 통신 물

리 계층 규격과 무선 매체 접속 절차 등의 액세스 계층을 정의한다.

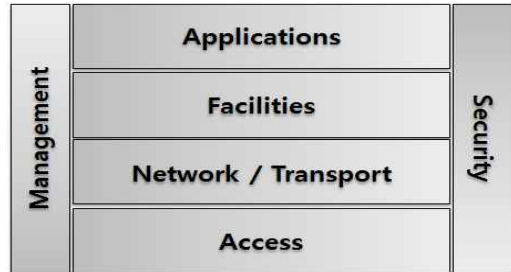


Fig. 1. ETSI Protocol Stack

그림 1. 유럽 차량 통신 표준 프로토콜 스택

(1) 액세스 계층

액세스 계층에서는 ETSI의 ITS 차량 통신 스택에서 PHY와 MAC 계층을 정의한다. ETSI의 ITS IEEE 802.11p PHY 계층은 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 기반으로 한다는 점이 기존의 IEEE 802.11a 표준과 비슷하지만 차량 통신 환경에 적합하게 수정되었다[3]. IEEE 802.11p는 10MHz 대역폭을 갖는 채널 통신을 위해 설계되었으며 기존의 802.11a에 비해 데이터 전송 속도가 반으로 줄어드는 장점이 있다. 아래 표 1에서 각 OFDM에 적용 가능한 변조 방식을 볼 수 있고 심볼마다 인코딩되는 비트 수가 다르다. 이에 따라 데이터 전송 속도는 8가지로 나타낼 수 있다.

Table 1. Applicable Modulation method in OFDM of IEEE 802.11p

표 1. IEEE 802.11p의 OFDM에서 적용 가능한 변조 방식

Data Rate(Mbps)	Modulation	Coded Bit rate(Mbps)	Coding Rate	Rx Sensitivity
3	BPSK	6	1/2	-85dBm
4.5	BPSK	6	3/4	-84dBm
6	QPSK	12	1/2	-82dBm
9	QPSK	12	3/4	-80dBm
12	16-QAM	24	1/2	-77dBm
18	16-QAM	24	3/4	-73dBm
24	64-QAM	36	2/3	-69dBm
27	64-QAM	36	3/4	-68dBm

IEEE 802.11p의 프레임 수신은 PLCP(Physical Layer Convergence Procedure) 프리앰블과 시작한다. 수신기는 PLCP 프리앰블을 수신하면 신호의 에너지를 측정하는 PD(Preamble Detection) 과정을 수행하여 심볼과 시간 동기화를 한다. PD 과정이 성공되면

수신기는 PLCP 헤더를 찾기 시작한다. PLCP 헤더는 변조 방식과 부호화율, 프레임 길이 정보를 갖고 있다. 이후 과정으로 수신기는 CRC를 통해 패킷에 에러가 있는지 확인하는데, 수신기가 프레임을 성공적으로 수신하려면 PLCP 프리앰블 수신과 PLCP 헤더 수신, CRC를 통한 에러 확인이 요구된다.

PLCP 헤더는 비트 전송률에 영향을 받지 않고 항상 가장 낮은 비트 전송률로 인코딩되어 전송되기 때문에 SINR(Signal to Interference Noise Ratio)이 높을수록 수신 성공률이 높은 MAC의 데이터와는 달리 PLCP PD와 헤더의 수신은 MAC Frame의 비트 전송률과는 독립적으로 행해진다.

MAC 프로토콜의 목적은 시물레이션의 각 노드가 좀 더 공평하고 효율적으로 절차에 있어서 정의되는 것이다. IEEE 802.11p에서는 노드가 통신하기 전 절차에 대한 규칙에서 변화가 있었지만 프레임 전송에 있어서는 변화를 주지 않았다[3].

고속 차량 주행 환경에서 IEEE 802.11p는 BSS(Basic Service Set)구성에 요구되는 결합 또는 인증 등의 과정에서 발생하는 지연 때문에 통신 가능한 시간이 짧은 것을 고려하여 매체 접근에 있어서는 OCB(Outside the Context of a BSS)를 정의한다. IEEE 802.11에서는 BSS에 포함되는 경우에만 통신될 수 있다. OCB 기반 통신 방식으로 정의된 IEEE 802.11p에서는 BSS에 포함되지 않는 STA간의 통신이 가능하다. OCB 기반 통신에 있어서 BSSID는 1로 설정된 와일드카드 값을 갖게 된다. BSSID의 목적은 노드가 패킷을 감지했을 때, 수신여부를 효율적으로 결정하기 위함이다. OCB 기반 노드는 와일드카드 BSSID를 갖는 모든 패킷을 수신하지만 그 외의 패킷은 수신하지 않는다.

OCB 기반 통신 방식은 동기화, 인증, 결합을 사용하지 않는 것으로 정의한다. 동기화는 GPS(Global Positioning System)를 기반으로 응용 계층에서 행해지며 GPS 모듈을 장착하지 않은 차량에 대해 TA(Timing Advertisement)라고 하는 제어 메시지를 정의하여 주기적으로 전송한다.

IEEE 802.11p MAC 계층에서는 패킷 전송을 위해 CSMA/CA(Carrier Sensing Multiple Access with Collision Avoidance)를 기반으로 하는 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access)를 사용한다.

아래 그림 2와 같이 EDCA에서 각 노드들이 AIFS(Arbitration Inter-Frame Space)의 시간 동안 사용되지 않을 경우 송신기는 패킷전송을 하고 다른 STA에 의해 사용되는 경우 송신이 요구되는 노드는 백오프 과정을 거쳐야 한다. 백오프 과정은 0과

CW(Contention Window) 사이에서 임의의 수를 선택하여 슬롯 타임을 곱한다. 이 값은 채널 유휴 상태에서 감소시키고 0이 되면 패킷을 전송한다.

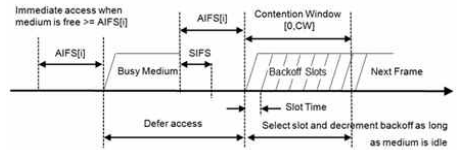


Fig. 2. EDCA Method

그림 2. EDCA 방식

(2) 네트워크/전송 계층

네트워크 계층 프로토콜은 아래 그림 3과 같이 2가지로 구분되는데 차량 통신을 위해 네트워크 계층에서는 GeoNetworking 프로토콜을 제안하는데 이는 멀티 홉을 지원하며 브로드캐스팅, 비코닝 같은 프로토콜로 구성되어 있다[2].

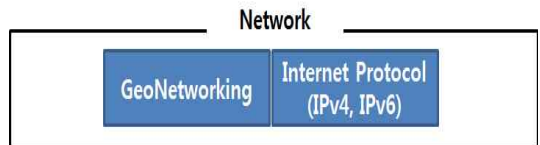


Fig. 3. Network Layer

그림 3. 네트워크 계층

전송 계층 프로토콜은 아래 그림 4와 같이 인터넷 사용을 위한 TCP와 UDP가 포함되어 있고 차량 통신을 위한 BTP(Basic Transport Protocol)로 구성되어 있다. BTP는 중단 간 서비스, 비연결형 전송 서비스를 제공하게 되는데 주된 목적은 Facilities 계층의 각각의 프로세스에서 수신되는 메시지에 대한 다중화(multiplexing)에 대한 것이다.

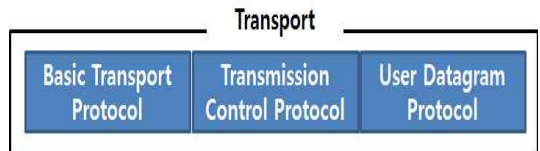


Fig. 4. Transport Layer

그림 4. 전송 계층

퍼실리티 계층 프로토콜은 응용 계층에 도움을 제공하며 ASN.1언어 메시지의 코딩과 디코딩, 액세스 계층을 위한 주소 지정 모드 지원, LDM(Local Dynamic Map)을 위한 역할을 한다. 차량 통신에서 사용되는 CAMs과 DENM 메시지를 정기적으로 주변에 전송하여 응용 서비스를 위한 역할을 한다[2].

나. GeoNetworking

본 논문에서는 두 가지 시나리오로 나뉘서 GeoNetworking 멀티 홉 라우팅인 GeoUnicast와 GeoBroadcast를 구현하였다.

(1) GeoUnicast[5]

GeoUnicast는 위치가 파악된 특정 노드에 대해서 송신자와 수신자가 일 대 일로 데이터 전달을 하는 방식이다. 따라서 GeoUnicast 방식을 이용할 때는 목적지 노드의 위치와 통신 범위를 정확히 파악하고 그에 따라 멀티 홉으로 데이터를 전송하여야 한다. 아래 그림 5에서 보는 것처럼 소스 노드가 목적지 노드에 데이터를 전송하며, 목적지 노드가 소스 노드의 통신 범위를 벗어날 경우 그림 5와 같이 다른 전달 노드에 의해 멀티 홉으로 데이터를 계속적으로 전달하도록 한다.

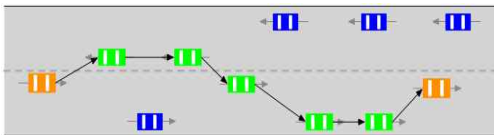


Fig. 5. Operating Method of GeoUnicast routing protocol
 그림 5. GeoUnicast 라우팅 프로토콜의 동작 방식

GeoUnicast는 목적지 노드로 안전하게 데이터를 전달하기 위해 다른 전달 노드들이 라우팅 경로를 설정한다. 전달 노드들은 한 홉 거리마다 이웃 노드에게 패킷을 브로드캐스트하게 되고 패킷을 수신한 이웃 노드들은 전달 노드와의 거리계산을 통해 프로그램 산출 및 타이머 설정을 한다. 목적지 노드와 가장 가까운 노드의 타이머가 먼저 종료되고 나머지 이웃 노드들은 브로드캐스트된 패킷을 자신의 패킷 버퍼에서 삭제한다. 이러한 과정을 반복하면서 데이터는 소스노드에서 목적지 노드까지 전달된다. 아래 공식과 같이 프로그레스와 타이머를 설정한다.

$$progress = dist(dest, sender) - dist(dest, local) \quad (1)$$

$$timer = mintimer + \frac{mintimer - maxtimer}{distmax} \times progress \quad (2)$$

위의 공식에서 보는 것처럼 최대 통신 거리인 dist max보다 프로그레스 값이 작으면 타이머값을 계산하고, distmax보다 프로그레스 값이 크면 가장 멀리 있는 노드라고 고려되어 mintimer 값을 통해 패킷을 보낸다.

GeoUnicast 라우팅 프로토콜은 CBF 알고리즘을 기본으로 동작하는데 소스 노드는 한 홉 반경 내에서

패킷을 브로드캐스트하고 각각의 수신 노드들은 자신과 소스 노드, 목적지 노드의 거리를 계산하여 타이머를 조정한다[4]. 목적지 노드와 가장 가까운 이웃 노드가 패킷을 브로드캐스트하고 나머지 이웃 노드들은 브로드캐스트된 패킷을 수신하여 이전에 수신한 패킷

을 버퍼에서 삭제한다. GeoUnicast 라우팅 프로토콜의 동작 과정에 대한 순서도는 다음의 그림 6과 같다.

(2) GeoBroadcast

GeoBroadcast의 목적은 송신자 노드가 일정 차량 통신 지역에 대한 범위 자체를 목적지로 하여 그 범위에 포함되는 모든 노드를 수신자로 하여 데이터를 전달하는 것이다.

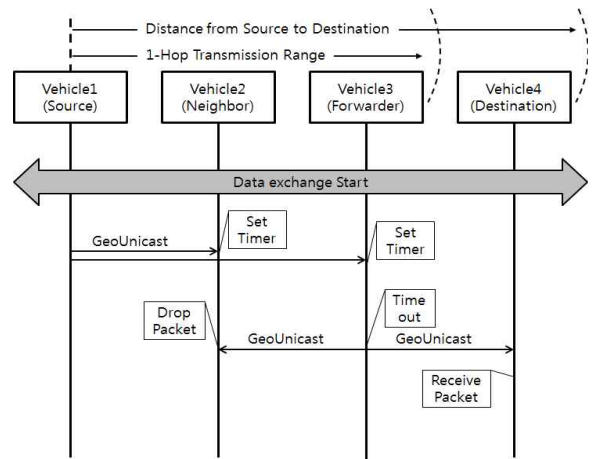


Fig. 6. Operating process flow chart of GeoUnicast routing protocol

그림 6. GeoUnicast 라우팅 프로토콜의 동작 과정 순서도

소스 노드는 통신 반경에 따라 목적지 노드를 향해 유니캐스트 방식으로 데이터를 전달하고, 목적지 노드들이 소스 노드의 통신 범위 밖일 경우 미리 지정된 전달 노드에 의해 멀티 홉으로 데이터를 전달한다. 아래 그림 7은 GeoBroadcast 라우팅 프로토콜에 대한 동작 방식이다.

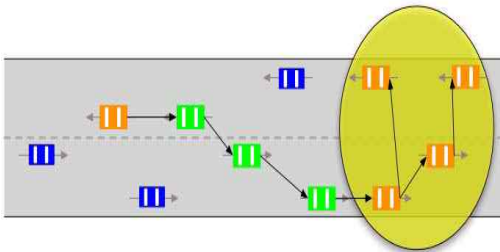


Fig. 7. Operating Method of GeoBroadcast routing protocol

그림 7. GeoBroadcast 라우팅 프로토콜의 동작 방식

GeoBroadcast는 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing) 프로토콜의 Greedy 포워딩 방식을 기반으로 목적지 노드까지 데이터를 전송하는데 이웃 노드에서 목적지와 가장 가까운 노드를 다음 전달 노드로 지정하여 유니캐스트 방식으로 데이터를 전달한다. 먼저 받은 목적지 지역의 노드가 자신 주변의 모든 이웃 노드에게 데이터를 전송하고 데이터를 수신한 노드들은 타이머를 조정하여 수신하지 못한 노드들에게 전에 전송한 노드와 가장 먼 거리의 노드가 데이터를 보낸다. 이러한 방식으로 목적지 지역에 위치한 모든 노드가 데이터를 수신할 수 있다.

GeoBroadcast의 타이머 설정 수식은 GeoUnicast 방식과 같지만 프로그레스를 구하는 수식은 아래 수식 (3)과 같이 다르다.

$$progress = dist(sender, local) \quad (3)$$

GeoBroadcast에서는 Greedy 전달을 통해서 목적지 노드까지의 전달 노드를 결정한다. 소스 노드는 자신의 표 중에서 목적지 노드와 가장 가까운 노드를 전달 노드로 지정하여 데이터를 전달하고, 목적지 지역 내에 노드가 데이터를 수신할 경우 타이머를 설정한 후 패킷을 브로드캐스트 한다. 아래 그림 8은 GeoBroadcast 라우팅 프로토콜에 대한 동작 순서도를 나타낸다.

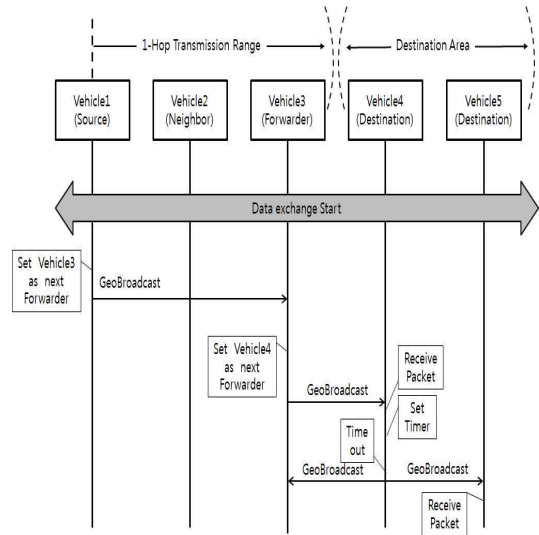


Fig. 8. Operating process flow chart of GeoBroadcast routing protocol

그림 8. GeoBroadcast 라우팅 프로토콜의 동작 과정 순서도

다. 시뮬레이션 분석

본 논문에서는 네트워크 시뮬레이터인 QualNet 4.5와 교통 시뮬레이터를 이용하여 노드들의 이동성을 파악하고 좀 더 현실성 있는 정보를 생성한다. 추가적으로 이동성 정보를 받는 로케이션 서버와 교통 시뮬레이터에서 제공하는 외부 인터페이스인 TraCI를 이용하여 시뮬레이션 메시지를 이동시킨다.

(1) 시뮬레이션 환경설정 및 시나리오

시뮬레이션을 위한 시나리오는 노드의 속도가 주어지지 않은 정적 시나리오와 노드의 속도를 다르게 주어 시험한 동적 시나리오로 구분하였다.

정적 시나리오는 라우팅의 변화와 목적지 노드 개수의 차이에 대해 파악할 수 있고 동적 시나리오는 노드의 속도에 따른 라우팅에 발생하는 변화를 파악할 수 있다.

(2) 시뮬레이션 성능 지표 분석

시뮬레이션에서 이용한 성능 지표는 전송 비용 (Transmission Cost), 종단 간 지연 (End-to-End Delay), 패킷 전달율 (Packet Delivery Ratio), 홉 수 (Hop Count)로 구성된다.

전송 비용은 시뮬레이션 실행 시 전체 노드로 인해 네트워크 상황 혼잡도를 판단할 수 있는 지표로 사용

되었다. 전송 비용이 커질 경우 네트워크상의 혼잡도가 높다고 판단되기 때문에 차량 통신에 부적합하다.

중단 간 지연은 소스 노드가 전달한 패킷을 주변 노드가 수신할 때 발생하는 지연으로 판단한다. 중단 간 지연은 서비스 품질(QoS)을 판단하는 중요한 지표로서 이용된다.

Table 2. Simulation Environment Setup

표 2. 시뮬레이션 환경설정

Application	CBR(Constant Bits Rate), 400byte, 5 Packet/second			
Transport	UDP(User Datagram Protocol)			
Routing	GeoNetworking		GPSR	
	maxtime	200ms	Beacon Interval	500m, 1s, 2s
	mintime	5ms	Location Table Flush	3s
	distance	100m		
Beacon Interval	500ms			
MAC	MACDOT11e			
PHY	IEEE 802.11p, 6Mbps, Maximum Transmission Range=145m			

패킷 전달율은 목적지 노드가 수신한 패킷 양과 소스 노드에서 전달한 패킷 양을 이용하여 판단하는데 라우팅 프로토콜 성능을 판단하는 지표로 패킷 손실율이 클수록 패킷 전달율은 작아진다.

홉 수는 소스 노드가 전달한 패킷이 목적지 노드에 도착할 때까지 통과한 주변 노드의 수로 판단한다. 홉 수는 중단 간 지연에 영향을 주는 지표로서 홉 수가 적을수록 중단 간 지연이 적게 발생한다.

III . 실험결과

정적 시나리오에서 시뮬레이션 결과 GeoUnicast에서는 송신 노드와 수신 노드가 유니캐스트로 패킷을 전달하기 때문에 하나의 수신 노드가 패킷을 수신하고 평균 중단 간 지연은 아래 그림 9에서 보면 약 3ms로 판단된다. GeoBroadcast에서는 목적지 노드와 100m 정도 반경에 있는 4개의 노드인 78, 93, 94, 108가 패킷을 수신한다. GeoBroadcast같은 경우에는 브로드캐스트이기 때문에 아무래도 중단 간 지연 값의 변동 폭이 크다. 다음 그림 9, 10에서 GeoUnicast와 GeoBroadcast의 결과값에 대한 비교를 볼 수 있다.

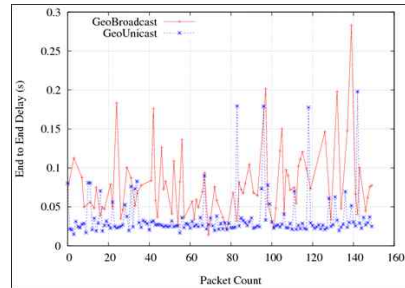


Fig. 9. End-to-End Delay Comparison of Simulation in static scenarios

그림 9. 정적 시나리오에서 시뮬레이션의 중단 간 지연 비교

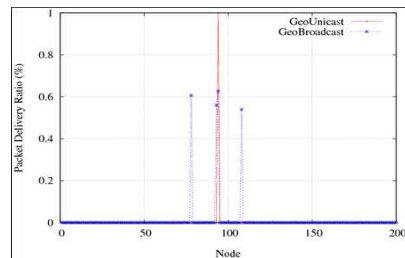


Fig. 10. Packet Delivery Ratio Comparison of Simulation in static scenarios

그림 10. 정적 시나리오에서 시뮬레이션의 패킷 전달율 비교

위 그림에서도 볼 수 있듯이 GeoUnicast의 평균 지연보다 GeoBroadcast의 평균 지연이 더 높은 것을 볼 수 있고, 중단간의 지연에서도 GeoUnicast의 홉 수가 GeoBroadcast의 홉 수보다 낮은 것을 볼 수 있다. 정적 시나리오에서 중단 간 지연과 패킷 전달율에서 GeoUnicast의 성능이 GeoBroadcast보다 효율적임을 알 수 있었다.

동적 시나리오에서는 Greedy 전달과 CBF를 노드의 속도에 따라 결과 값을 비교하였다.

Greedy는 주기적인 Beacon의 영향으로 전송 비용이 높은 반면, CBF는 전송 비용이 적다. 중단 간 지연에 있어서 CBF는 Greedy에 비해 속도에 따른 영향을 덜 받는다. 패킷 전달율에서는 노드 움직임에 관계없이 CBF가 Greedy보다 높은 패킷 전달율을 갖는다. CBF의 홉 수와 비교해 Greedy는 노드 속도에 영향을 받아 변동 폭이 다르다.

다음 그림 11에서는 동적 시나리오에서의 전송 비용을 비교한 것을 나타낸다. CBF는 상대적으로 데이터 전송량이 많고 Greedy는 비콘이 사용되기 때문에 네트워크의 모든 노드들이 위치 정보를 담아 전송하

기 때문에 데이터 전송량이 상대적으로 적다.

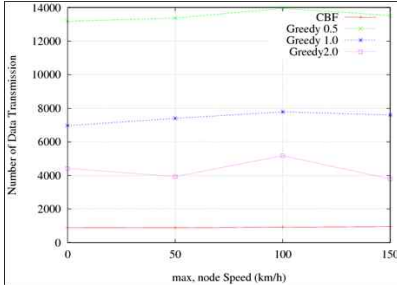


Fig. 11. Transmission Cost Comparison of Simulation in dynamic scenarios
 그림 11. 동적 시나리오에서 시뮬레이션의 전송 비용 비교

다음 그림 12는 동적 시나리오에서의 종단 간 지연을 비교한 것인데 속도 변화에 따라 CBF에 비해 Greedy는 급격히 변화함을 볼 수 있었다. 따라서 CBF의 종단 간 지연이 Greedy의 종단 간 지연보다 상대적으로 낮음을 볼 수 있었다.

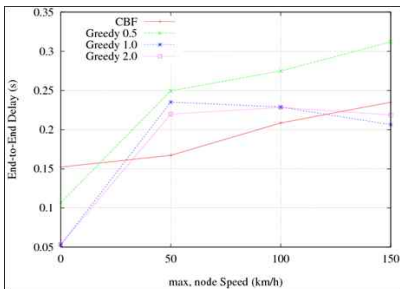


Fig. 12. End-to-End Delay Comparison of Simulation in dynamic scenarios
 그림 12. 동적 시나리오에서 시뮬레이션의 종단 간 지연 비교

그림 13에서는 동적 시나리오에서 CBF와 Greedy의 패킷 전달율 비교를 보여주는데 CBF는 노드의 속도와 관계없이 90퍼센트 이상의 전달율을 보여주는 반면에, Greedy는 노드의 속도가 높아짐에 따라 감소함을 보였다. 따라서 Greedy는 차량의 빠른 변화에 적합하지 않은 라우팅임을 알 수 있었다.

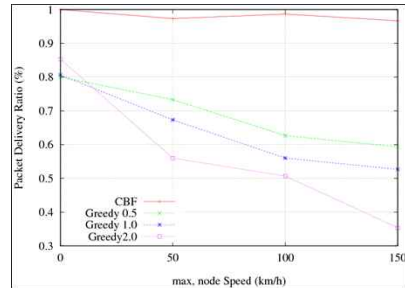


Fig. 13. Packet Delivery Ratio Comparison of Simulation in dynamic scenarios
 그림 13. 동적 시나리오에서 시뮬레이션의 패킷 전달율 비교

그림 14에서는 동적 시나리오에서 노드의 속도에 따른 홉 수의 비교를 보여준다. CBF는 목적지까지 전송되는 홉 수가 약 4정도이지만 Greedy는 노드의 속도에 따라 변화됨을 볼 수 있었다.

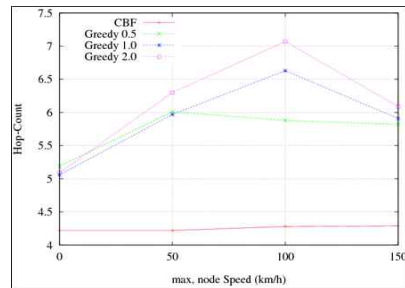


Fig. 14. Hop-Count Comparison of Simulation in dynamic scenarios
 그림 14. 동적 시나리오에서 시뮬레이션의 홉 수 비교

전체적으로 CBF에 비해 Greedy는 노드의 속도에 영향을 많이 받음을 알 수 있었다.

IV 결론

본 논문에서는 고속으로 이동하는 차량 통신을 지원하기 위해 ETSI의 ITS 차량 통신 관련 라우팅 기술에 대해 살펴보았다.

라우팅 기술에 대해 CBF를 사용하는 노드는 자신의 위치와 소스 노드의 위치, 그리고 목적지 노드의 위치정보만을 필요로 하기 때문에 오버헤드를 최소화할 수 있어 고속 차량 통신에 적합할 수 있다. 또한 이웃 노드의 위치를 주기적으로 알아야 하는 비코닝 과정의 오버헤드가 없기 때문에 차량 통신 라우팅에 더욱 적합하다. 하지만 목적지 노드의 위치에 따라

추가적인 오버헤드가 발생할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

결론적으로 동적 시나리오를 통해 CBF와 Greedy의 성능을 비교 분석한 그래프에서도 볼 수 있듯이 차량의 움직임에 있어 네트워크 상태가 빠르게 변하며 한정된 네트워크 자원이 있는 차량 통신 환경에서는 CBF가 Greedy보다 월등히 좋은 알고리즘임을 확인할 수 있었다.

이렇듯 최근 차량 통신 서비스는 MANET 라우팅 기술을 기반으로 오버헤드를 최소화하는 위치기반 라우팅 기술에 대한 연구가 증가하고 있고 추가적인 오버헤드 발생에 대한 연구가 요구될 것으로 예상된다.

Reference

- [1] ETSI EN 302 636-2, "Intelligent Transport Systems (ITS), Vehicular Communications, GeoNetworking - Part 2: Scenarios," ETSI, 2013
- [2] ETSI EN 302 665, "Intelligent Transport Systems (ITS), Communications Architecture," ETSI, 2010
- [3] J. B. Kenney, "Dedicated short-range communications (DSRC) standards in the United States," Proceedings of the IEEE, vol. 99, no. 7, pp. 1162 - 1182, 2011
- [4] Holger Fubler, Jorg Widmer, Michael Kasemann, Martin Mauve, and Hannes Hartenstein, "Contention-Based Forwarding for Mobile Ad-Hoc Networks", Ad -Hoc Networks, Vol. 1, pp. 351-369, 2003
- [5] Sung-Chan An, Jae-Il Jung, "A Performance Analysis on GeoUnicast Routing Protocol in Vehicle Communication Environment", KICS, Vol. 54, pp. 890-891, 2014

BIOGRAPHY

An Sung-chan (Student Member)



2012 : BS degree in Computer Engineering, Soongsil University.
2014 : MS degree in Electronics and Computer Engineering, Hanyang University.

Lee Joo-young (Member)



1990 : BS degree in Electronic Engineering, Hanyang University.
1992 : MS degree in Electronics and Computer Engineering, Hanyang University.
2001 : PhD degree in Electronics and Computer Engineering, Hanyang University.

2002~Present : Professor, Dept of Electronic Engineering, Seokyeong University.

Jung Jae-il (Member)



1981 : BS degree in Electronic Engineering, Hanyang University.
1984 : MS degree in Electrical and Electronic Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST).
1993 : PhD degree in computer science and Networks, Ecole Nationale Supérieure des Telecommunications (ENST).

1997~Present : Professor, Dept of Electronic Engineering, Hanyang University.