

차량 이동 방향과 밀집도를 고려한 UIGRP (Urban Intersection based Geographic Routing Protocol) 설계

이병관¹, 정은희^{2*}

¹가톨릭관동대학교 컴퓨터학과, ²강원대학교 지역경제학과

Design of UIGRP(Urban Intersection based Geographic Routing Protocol) considering the moving direction and density of vehicles

Byung-Kwan Lee¹, Eun-Hee Jeong^{2*}

¹Department of Computer, Catholic Kwandong University,

²Department of Regional Economics, Kangwon National University

요약 본 논문에서는 도심 교차로에서 차량들의 빈번한 방향전환으로 인해 발생하는 네트워크 단절과 패킷 전송 지연 문제를 해결할 수 있는 UIGRP를 제안한다. UIGRP는 첫째, 차량의 이동방향과 목적지의 위치를 이용해 Direction을 산출하고, 둘째, RSU가 도심 교차로의 밀집도를 측정하도록 설계한다. 그리고 셋째, 목적지 노드가 위치한 방향으로 이동하는 차량이면서 밀집도가 가장 높은 곳에 위치하는 노드를 중간 노드로 선정하여 데이터 전송 경로를 선정하는 TGF알고리즘을 설계한다. TGF 알고리즘은 이동방향과 밀집도를 이용해 기존의 Greedy Forwarding 알고리즘이 갖는 local maximum 문제들의 발생을 최소화시키거나 제거한다. 시뮬레이션 결과, UIGRP는 기존의 GPSR과 GPUR보다 local maximum 문제 발생 횟수를 평균 3회, 1회 감소하고, 패킷전송시간도 평균 6.12(ms), 2.04(ms) 단축시켰으며, 패킷전송성공률은 15%, 3% 증가하였다

Abstract This paper proposes the UIGRP, which can tackle the problem of the network disconnection and packet transmission delay caused by turning vehicles frequently in an urban intersection. The UIGRP was designed as follows. First, it calculates the direction of vehicles using the moving direction of vehicles and the location of a destination. Second, it makes the RSU measure the density of an urban intersection. Third, the TGF Algorithm in the UIGRP decides the data transmission paths by setting as an intermediate node, not only the vehicle that is moving in the direction where a destination node is located, but also the node that has the highest density. The TGF algorithm using a moving direction and density minimizes or removes the occurrence of local maximum problems that the existing Greedy Forwarding algorithm has. Therefore, the simulation result shows that UIGRP decreases the occurrence of local maximum problems by 3 and 1 times, and the packet transmission time by 6.12 and 2.04(ms), and increases the success rate of packet transmission by 15 and 3%, compared to the existing GPSR and GPUR.

Key Words : Density, Direction, GPSR, Transformed Greedy Forwarding Algorithm, UIGRP

1. 서론

최근 자동차 통신 및 이를 활용한 지능형 자동차를 위한 ITS(Intelligent Transportation System)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, VANET(Vehicular

Ad-hoc Network)는 ITS 구현을 위한 핵심 네트워크 구조로서 차량간 무선 통신을 기반으로 하는 멀티 홉 방식의 네트워크이다.

VANET의 목표는 차량간 또는 인프라 간의 무선 통신으로 정보 교환을 하여 교통 흐름을 파악하고, 도로에

*Corresponding Author : Eun-Hee Jeong(Kangwon National Univ.)

Tel: +82-33-570-6646 email: jeongeh@kangwon.ac.kr

Received August 8, 2014

Revised (1st September 26, 2014, 2nd September 30, 2014)

Accepted January 8, 2015

서 일어나는 긴급 상황에 대처함으로써 안전하고 효율적인 운영을 가능하게 하는 것이다.

하지만, VANET은 빈번한 차량 이동으로 인한 잦은 토폴로지 변동으로 차량 간 메시지 전송 경로가 빈번하게 단절됨으로써 데이터 패킷 도착율의 저하로 신뢰성 문제 등을 갖고 있다.

본 논문에서는 이러한 데이터 패킷 전송 경로의 단절과 데이터 패킷의 전송 지연을 방지하기 위해 차량의 이동 방향과 교차로 밀집도를 이용하는 UIGRP(Urban Intersection based Geographic Routing Protocol)을 제안한다.

UIGRP은 목적지와 동일한 이동방향을 갖는 차량들을 이웃노드로 선정하고, 이 이웃 노드들과 도로 밀집도를 이용하여 데이터 패킷 전송 경로를 선정하는 TGF(Transformed Greedy Forwarding) 알고리즘을 설계한다. 그리고 UIGRP는 TGF 알고리즘을 이용하여 목적지에 신속하게 데이터 패킷을 전달함으로써 데이터 패킷 손실율을 낮추고, VANET의 신뢰성을 향상시키고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련연구인 Geographical Routing Protocol (GRP), Greedy 알고리즘을 살펴보고, 3장에서 본 논문에서 제안하는 UIGRP와 TGF를 설계한다. 그리고 4장에서는 3장에서 설계한 UIGRP를 분석하고, 5장에서 결론을 맺는다.

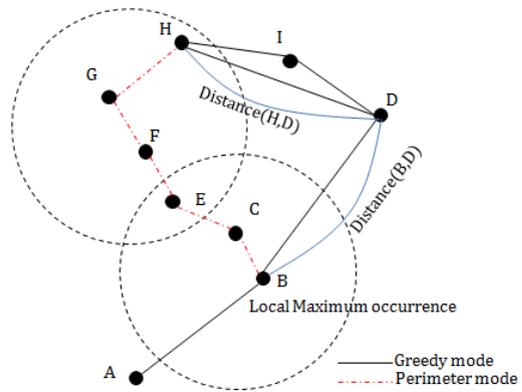
2. 관련연구

2.1 Geographic Routing Protocol

무선 애드 혹 네트워크에서는 전통적인 라우팅 프로토콜로 On-Demand Routing Protocol이 사용되어 왔다. 이 방법은 IP 기반 라우팅 프로토콜로 라우팅 경로 결정을 위해 네트워크 전체에 경로요청 메시지를 플로딩 한다. 따라서 불필요한 위치까지 경로요청 메시지가 전달되는 단점을 가지게 되며, 이러한 단점을 보완하기 위해 노드의 위치정보를 활용하는 위치정보기반 라우팅 프로토콜이 제안되었다[1, 2]. 기존 위치정보기반 라우팅 프로토콜은 Location-Aided Routing (LAR)[3]와 Greedy Perimeter Stateless Routing (GPSR)[4,5]이 대표적이다 [6].

GPSR은 위치 정보를 이용하여 전송 범위에 있는 노

드 중에 목적지 가장 가까이에 위치한 노드를 선택하여 데이터를 전달하기 때문에 근원지 노드와 목적지 노드 사이에 가장 짧은 경로를 제공하는 프로토콜이다. GPSR에서 각 노드는 주기적으로 이웃노드 정보를 유지하기 위해 Hello packet으로 이웃노드의 정보를 수집하여 이웃노드 테이블을 생성하고, 이 테이블을 이용하여 데이터를 전달할 노드를 선택한다. 이때, GPSR은 greedy mode과 perimeter mode로 데이터를 목적지에 전달한다. Greedy mode는 근원지 노드가 목적지 노드에 데이터를 전달하기 위해 중간 노드를 선택하고, 데이터를 전달하는 동작을 말한다. 그리고 Perimeter mode는 근원지 노드가 선택한 중간 노드의 이웃 노드가 존재하지 않을 경우 새로운 중간 노드를 선택하여 데이터를 전달하는 동작을 말한다[6,7,8,9].



[Fig. 1] GPSR protocol

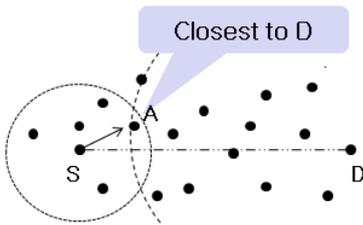
그림 1은 GPSR의 Greedy mode와 Perimeter mode를 설명한 것이다. 근원지 노드 A가 목적지 D 노드로 데이터를 전송하고자 할 때, GPSR은 A 노드의 이웃 노드들 중 목적지 노드 D와 가장 가까운 노드인 B를 중간 노드로 선정하고, 노드 B에게 데이터를 전송한다. 이때, 중간 노드 B는 이웃 노드들 중 목적지 노드 D와 가장 가까운 중간 노드를 발견할 수 없는 local maximum 문제에 직면하게 되고, GPSR은 local maximum 문제를 해결하기 위해 Perimeter mode로 전환하여 이 목적지 노드와 반대되는 방향으로 전송을 시도한다. 그리고 목적지 노드와 가장 근접한 노드 H를 중간 노드를 선택한 후에, Greedy mode로 전환하여 목적지 노드 D에게 데이터를 전달하는 중간 노드를 선정할 후에 데이터를 전달한다.[6,10].

GPSR은 전체 네트워크의 토폴로지 정보가 아닌 전송

범위 내에 있는 노드의 정보만을 구성하기 때문에 경로 탐색 시 네트워크 전체에 라우팅 메시지를 전송하지 않는 것과 shortest path를 설정한다는 장점을 갖는다. 하지만 GPSR은 위치 정보를 저장하기 위한 데이터베이스 관리로 인한 오버헤드가 발생할 수 있고, 라우팅이 이루어지지 않는 사각지대인 void zone이 있을 경우 경로를 탐색하지 못하는 단점이 있다[7,10,11,12].

2.2 Greedy Forwarding 알고리즘

무선 Ad Hoc 네트워크에서는 네트워크 수명을 최대화하기 위해서 각 노드들의 제한된 에너지를 효율적으로 사용하여야 한다. GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing)[4,5] 프로토콜에서 사용하는 Greedy Forwarding은 그림 2[4]에서와 같이 항상 목적지에 가장 가까운 노드만을 Next-Hop으로 설정하여 네트워크 통신을 행하므로 인해, 특정 노드의 에너지 소모가 급격하게 증가하는 경향을 가지고 있다. 또한, MANET을 위한 위치정보 기반 라우팅 프로토콜들이 제안되었으며 이들 프로토콜들은 특정노드의 에너지 소모가 집중된다는 단점을 가지고 있다



[Fig. 2] Greedy Forwarding

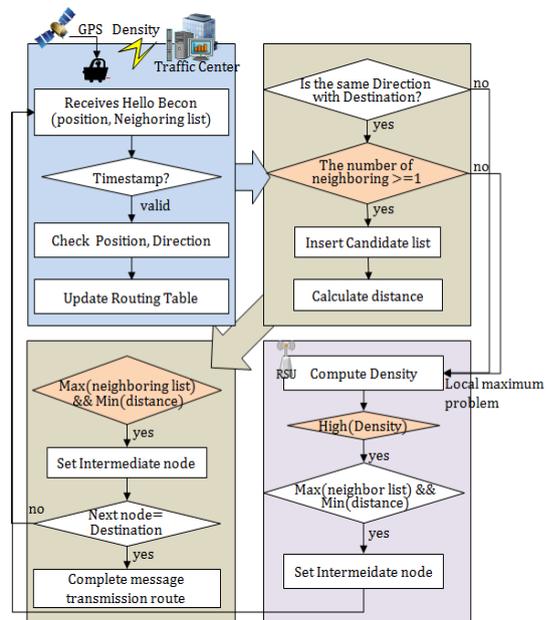
3. UIGRP 설계

본 논문에서는 차량의 위치, 이동 방향, 이웃노드의 수, 그리고 교차로 밀집도를 이용하여 데이터 전송 경로를 설정함으로써 GPSR의 local maximum 문제의 발생 가능성을 줄일 수 있는 UIGRP를 제안한다. 본 논문에서 제안하는 UIGRP 설계에서는 네트워크내의 모든 노드들은 첫째, GPS를 장착하고 있어 위치정보를 알 수 있으며, 둘째, 1홉 단위 내의 이웃 노드들의 정보를 Hello message를 통해 수집할 수 있고, 셋째, 근원지 노드는 목적지 노드의 위치를 알고 있고, 넷째, 도로변에 설치된

RUS는 교통 센터로부터 이웃 RSU의 밀집도 정보를 제공 받는다고 가정한다.

3.1 Overview

본 논문에서 제안하는 UIGRP는 그림 3에서 전체적인 흐름을 설명하고 있듯이, 차량에 부착된 GPS로 차량의 위치를 알 수 있으며, 이 위치 정보를 이용하는 지리기반 프로토콜이다. 또한 UIGRP는 차량이 위치하고 있는 교차로의 밀집도 정보를 RSU로부터 제공받는다.



[Fig. 3] UIGRP Flowchart

UIGRP는 Hello message를 사용하여 이웃 노드의 위치와 이웃노드리스트를 수집하여 라우팅 테이블을 갱신한다. 그리고 UIGRP는 라우팅 테이블에 저장되어 있는 이웃노드 정보 중에서 목적지와 같은 방향으로 이동하고, 이웃노드의 수가 1이상인 이웃노드들로부터 후보리스트를 생성한다. UIGRP는 이 후보리스트 중에서 이웃노드가 가장 많고, 목적지 노드에 가장 근접한 곳에 위치하고 있는 노드를 중간 노드로 선정함으로써 local maximum 문제에 직면할 가능성을 줄인다. 또한, 차량의 이동으로 인해 중간 노드의 위치가 변경되어 local maximum 문제에 직면하였을 때, UIGRP는 교차로 밀집도, 이동방향 그리고 이웃노드의 수를 이용하여 local maximum 문제를 신속하게 해결한다.

그 결과, UIGRP는 짧은 경로를 이용하여 신속하게 데이터를 목적지에 전송함으로써 데이터 패킷 전송 지연율과 데이터 패킷 손실율을 줄여 VANET의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

3.2 UIGRP 라우팅 설계

3.2.1 Hello Message

UIGRP의 모든 노드들은 GPS가 장착되어 있기 때문에 자신의 위치를 파악할 수 있고, 모든 노드들이 노드의 위치 정보가 포함되어 있는 Hello Message를 1 홉 단위의 이웃노드들에게 전달한다. 이때, 전달하는 Hello message의 구조는 표 1과 같다.

[Table 1] the structure of Hello message

Field name	Contents
Node ID	Identifier of Node
Previous Position	Previous position of Node
Current Position	Current position of Node
Nlist	Neighboring List
Timestamp	Transmission Time

3.2.2 라우팅 테이블

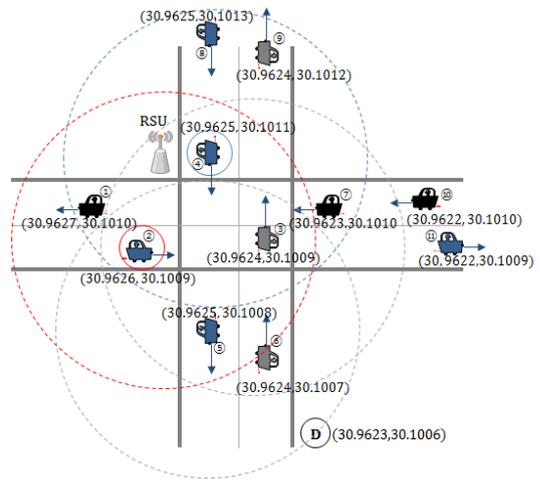
UIGRP에서는 이웃 노드로부터 전달받은 Hello message의 정보를 라우팅 테이블에 저장하고, 이 정보를 이용하여 데이터 패킷을 전송할 이웃노드를 선정한다. 표 2는 UIGRP의 라우팅 테이블 구조를 설명한 것이다.

[Table 2] UIGRP Routing Table

Field name	Contents
Node ID	Identifier of neighboring node
position	Position of node
direction	Moving direction
distance	distance with destination node
Nlist	neighboring node list
candidate	candidate of intermediate node

(1) Distance 계산

UIGRP의 노드가 라우팅 테이블을 갱신하는 과정은 다음과 같다. 그림 4는 도심 교차로에 배치된 노드들의 위치와 방향, 그리고 목적지 노드의 위치를 예를 들어 설명한 것이다.



[Fig. 4] located nodes in the urban intersection

[1 단계] 노드 2는 이웃 노드 ①, ③, ④, ⑤로부터 아래의 Hello message를 전달받는다.

Node① = {①, (30.9627, 30.1009),
(30.9627, 30.1010), {2,4}, 10:00:05}

Node③ = {③, (30.9624,30.1008)
(30.9624,30.1009), {2,4,5,6,7}, 10:00:07}

Node④ = {④, (30.9625,30.1012),
(30.9625,30.1011), {1,2,7,8,9}, 10:00:06}

Node⑤ = {⑤, (30.9625,30.1009),
(30.9625,30.1008), {2,4}, 10:00:05}

[2 단계] 노드 2는 전달받은 Hello message로 라우팅 테이블을 갱신한다.

[3 단계] 노드 2는 목적지의 위치와 이웃 노드들의 위치정보를 이용하여 식(1)을 이용하여 거리를 계산한다 [13].

$$Distance = 69.1 \times (180/\pi) \times \arccos(\sin(LAT1) \times \sin(LAT2) + \cos(LAT1) \times \cos(LAT2) \times \cos(LONG2 - LONG1)) \quad (1)$$

여기서, LAT1와 LONG1 노드 2의 이웃 노드의 (위도, 경도)이고, LAT2와 LONG2는 목적지 노드의 (위도, 경도)를 말한다.

예를 들어, 그림 4의 목적지 노드 D가 (30.9623, 30.1006)이고, 노드 2는 이웃노드들인 ①,③,④,⑤의 위치정보를 이용하여 distance를 식 (1)을 이용하여 계산한 후에 라우팅 테이블에 저장한다.

[Table 3] the decision condition of moving direction

Node ID	Position	Direction	Distance(km)	Nlist	Candidate
①	30.9627, 30.1010	2	2.185611	2,4	-
③	30.9624, 30.1009	2	1.638909	2,4,5,6,7	-
④	30.9625, 30.1011	1	2.731542	1,2,7,8,9	-
⑤	30.9625, 30.1008	1	1.092807	2,4	-

(2) Direction 결정

UIGRP에서는 근원지 노드가 목적지 노드에 데이터 패킷을 전달하기 위해 이웃노드들의 이동방향을 결정하여 라우팅 테이블에 저장한다. 그리고 UIGRP에서는 이 이동방향을 이용하여 데이터 패킷을 전달하는 경로 선정한다.

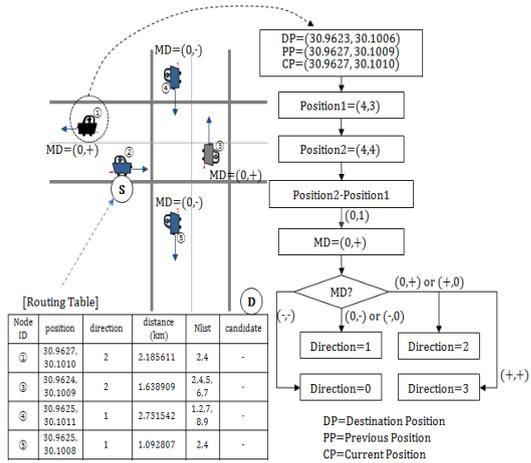
UIGRP는 식(2)와 표 4를 이용하여 이웃 노드의 위치 정보와 목적지 노드의 위치 정보를 이용하여 Direction을 결정한다.

$$\begin{aligned}
 \text{position1}(x,y) &= \text{이전위치}(x,y) - \text{목적지위치}(x,y) \\
 \text{position2}(x,y) &= \text{현재위치}(x,y) - \text{목적지위치}(x,y) \\
 \text{MD}(x,y) &= \text{position1}(x,y) - \text{position}(x,y)
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

[Table 4] the decision condition of moving direction

Decision condition	Direction
MD=(-,-)	0
MD=(0,-), (-,0)	1
MD=(0,+), (+,0)	2
MD=(+,+)	3

즉, 노드 2는 이웃노드들의 이전 위치(previous position), 현재 위치(current position), 그리고 목적지 노드 위치를 식(2)에 대입시켜 position1, position2를 계산한다. 그리고 노드 2는 Position2에서 position1을 뺀 결과 값의 부등호를 MD(Moving Direction)에 저장한다. 그리고 노드 2는 표 4의 조건에 따라 direction을 결정하고, 이 direction을 라우팅 테이블에 저장한다.



[Fig. 5] the calculation procedure of Direction

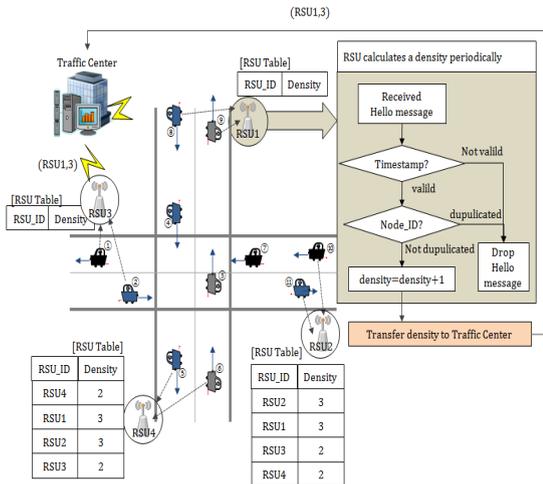
3.2.3 Density 측정

본 논문에서 제안하는 UIGRP는 도로에 설치된 RSU와 RSU를 관리하는 Traffic center의 기존의 인프라구조를 사용한다. 그리고 UIGRP가 local maximum 문제에 직면하였을 때, UIGRP는 RSU가 측정된 밀집도를 이용하여 새로운 중간노드를 설정함으로써 local maximum 문제를 해결하도록 설계한다.

그림 6과 같이 RSU는 도로의 density를 측정된 후에 Traffic center에 전달하고, Traffic center는 전달받은 RSU의 근처에 있는 이웃 RSU들에게 density를 전달한다. 그 결과, RSU는 인근 이웃 RSU의 density 정보를 알게 되고, 근원지 노드가 중간 노드를 선정할 때 활용할 수 있도록 RSU 전송 범위내의 모든 노드들에게 브로드캐스트 한다.

RSU는 일정한 시간단위를 기준으로 주기적으로 density를 측정한다. RSU가 density를 측정하는 절차는 다음과 같다.

- [1 단계] RSU는 자신의 전송범위 내에서 진입하는 노드들의 Hello message를 수신한다.
- [2 단계] RSU는 수신한 Hello message의 timestamp가 유효한지를 확인한다. 이때 Hello message의 timestamp가 유효하지 않으면, RSU이 Hello message를 버린다.



[Fig. 6] the calculation procedure of density

- [3 단계] RSU는 Hello message의 Node ID가 중복되는지를 확인한다. 이때, Node ID가 중복된다면, RSU는 이 Hello message를 버린다.
- [4 단계] RSU는 timestamp가 유효하고, Node ID가 중복되지 않는 Hello message를 카운트한다.
- 즉, RSU는 density를 1 증가시킨다.
- [5 단계] RSU는 측정된 density를 Traffic center에 전달한다.
- [6 단계] Traffic center는 RSU로부터 전달받은 density를 이웃 RSU에 전달한다.
- [7 단계] Density를 전달받은 RSU는 표 5의 RSU 테이블에 저장하고, 자신의 전송 범위내의 노드들에 이웃 RSU의 밀집도를 브로드캐스트한다.

그리하여, UIGRP가 local maximum 문제에 직면하였을 때, 이 밀집도를 이용하여 local maximum 문제를 신속하게 해결할 수 있도록 한다.

[Table 5] RUS Table

Field	Contents
RSU ID	Identifier of RSU
Densy	density

3.3 TGF 알고리즘 설계

기존의 Greedy Forwarding 알고리즘은 목적지 노드와의 거리가 가장 가까운 이웃노드를 중간 노드로 선정는데, 이때 중간 노드의 이웃 노드가 존재하지 않으면 local maximum 문제에 빠지게 된다.

본 논문에서는 목적지까지의 데이터를 전송하기 위해 선정한 중간 노드의 local maximum 문제를 최소화시키기 위해 방향과 밀집도를 고려한 TGF(Transformed Greedy Forwarding) 알고리즘을 설계하였다. TGF 알고리즘은 Transformed Greedy mode와 Transformed Perimeter mode로 구성된다.

3.3.1 Transformed greedy mode 설계

본 논문에서 제안하는 TGF 알고리즘의 Transformed greedy mode는 다음과 같은 절차에 따라 중간 노드를 선정하도록 설계하였다. 그림 7은 TGF 알고리즘의 Transformed greedy mode를 설명한 것이다.

- [1 단계] 근원지 노드는 1홉 단위 내에 위치하고 있는 이웃 노드들로부터 Hello message를 수신한다.
- [2 단계] 근원지 노드는 전달받은 이웃 노드 리스트를 이용하여 라우팅 테이블 정보를 3.2.2절의 표 3과 같이 갱신한다.
- [3 단계] 근원지 노드는 이웃 노드가 1개 이상 존재하는 이웃 노드들로부터 후보리스트를 생성한다.
- [4 단계] 근원지 노드는 후보 리스트들의 위치정보를 이용해 목적지 노드간의 거리를 3.2.2절의 식(1)을 이용하여 산출한다.
- [5 단계] 근원지 노드는 후보 리스트의 이동방향을 3.2.3절의 식(2)에 의해 측정하고, 후보 리스트 중에서 목적지가 위치한 곳으로 이동하는 이웃 노드를 추출한다.
- [6 단계] 근원지 노드는 5단계에서 추출된 이웃 노드 중에서 아래의 조건에 맞는 노드를 중간 노드로 선정하고 후보리스트를 삭제한다.

조건 1) 이웃 노드가 가장 많은 노드

조건 2) 목적지 노드와 가장 짧은 거리에 위치한 노드

```

X is Source Node
D is Destination Node
N is Neighboring node
Nlist is Neiboring node List
Hello message includes node ID, position,
and Nlist.

1. Receives Hello message to N
2. Update routing table.
3. if(direction == 1) then
4.   if (the number of Nlist >= 1) then
5.     insert Candidate list
6.     calculate distance
7.   else
8.     call perimeter mode
9.   end if
10. if (Max(the number of Nlist) and
    Min(distance)) then
11.   set intermediate node
12.   if (next(intermediate node) != D)
13.     go to 1.
14.   else
15.     complete message transmission route.
16.   end if
17. end if
18. end if
    
```

[Fig. 7] TGF Algorithm : Transformed greedy mode

3.3.2 Transformed Perimeter mode

본 논문에서 제안하는 TGF 알고리즘의 Transformed perimeter mode는 다음과 같은 절차에 따라 local maximum 문제를 해결하도록 설계하였다. 그림 8은 TGF 알고리즘의 Transformed perimeter mode를 설명한 것이다.

- [1 단계] local maximum 문제에 직면한 중간 노드는 RSU로부터 전달받은 인근 도로의 density 정보 중에서 가장 높은 density를 갖는 RSU가 위치한 방향을 선택한다.
- [2 단계] 중간 노드가 선택한 RSU가 위치한 방향에 위치한 이웃 노드를 후보리스트로 선택한다.
- [3 단계] 중간 노드는 후보 리스트들의 위치정보를 이용해 목적지 노드간의 거리를 3.2.2절의 식(1)을 이용하여 산출한다.
- [4 단계] 중간 노드는 후보리스트와 목적지 노드의 위치정보를 이용하여 3.2.2절의 식(2)를 이용하여 direction을 산출한다.
- [5 단계] 중간 노드는 아래의 조건에 맞는 노드를 중간 노드로 선정하고 후보리스트를 삭제한다.

- 조건 1) 이웃 노드가 가장 많은 노드
- 조건 2) 밀집도가 높은 방향에 위치하는 노드
- 조건 3) 목적지 노드와 가장 짧은 거리에 위치한 노드

```

I is Intermediate Node
D is Destination Node
N is Neighboring node
Nlist is Neiboring node List
Hello message includes node ID, position, and Nlist.

1. Receives the density of RSU.
2. if highest(density.RSU) then
3.   select the node in the scope of RSU.
4.   if (the number of Nlist)>=1) then
5.     insert candidate list
6.     calculate distance.
7.     calculate direction.
8.   end if
9. end if
10. if(max(the number of Nlist) and min(distance)) then
11.   set intermediate node
12.   if (next(intermediate node) != D) then
13.     call greedy mode
14.   else
15.     complete message transmission route
16.   end if
17. end if
    
```

[Fig. 8] TGF Algorithm : Transformed perimeter mode

4. 성능 분석

본 논문에서 제안하는 UIGRP과 기존의 GPSR[4,5], GPUR[9]의 성능을 ns-2 시뮬레이터를 이용하여 비교 분석한다. 성능 분석을 위한 ns-2 시뮬레이터의 파라미터는 표 6과 같다.

[Table 6] Simulation parameters

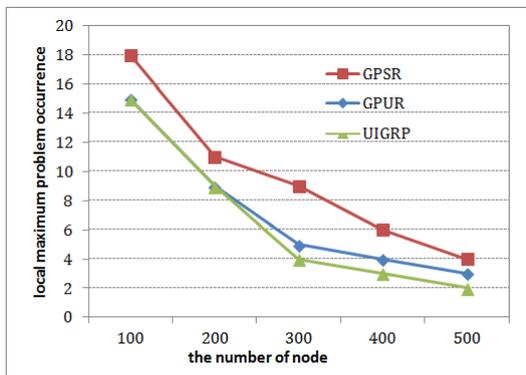
Parameters	Values
simulation area	1500*1500
transmission range	100m
MAC protocol	IEEE 802.11
traffic type	CBR
the number of nodes	100~500
Simulation times	120 seconds
packet size	32 bytes
packet interval time	0.2 sec

성능분석은 100, 200, 300, 400, 그리고 500개의 노드들을 랜덤하게 위치시키고, 20회 반복 실행하여 산출된 local maximum 문제 발생 횟수, 패킷 전송 성공률, 그리고 라우팅 홉 수를 비교하였다.

local maximum 문제 발생 횟수는 노드의 수에 따라 패킷을 전달 받은 이웃노드 중 local maximum 문제에 직면하는 횟수로 측정하였고, 패킷 전송 성공률은 식(3)에 의해 계산하고, 라우팅 홉 수는 식(4)를 이용하여 산출하였다.

$$\text{패킷전송률(\%)} = \frac{\text{목적지 노드에 도착한 패킷 수}}{\text{근원지 노드가 전송한 전체 패킷의 수}} \times 100 \quad \dots (3)$$

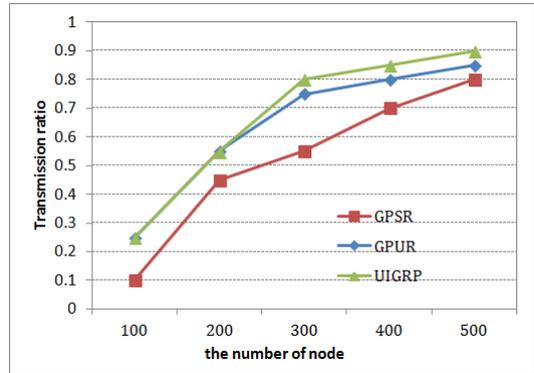
$$\text{라우팅 홉 수} = \sum \text{중간 노드의 수} \quad \dots (4)$$



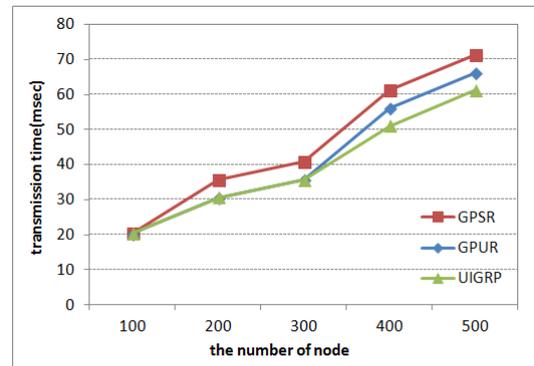
[Fig. 9] The comparison of local maximum problem occurrence

그림 9는 노드의 수에 따라 local maximum 문제에 직면하는 횟수를 설명한 것이다. 그림 9에서 설명하고 있듯이 노드 수가 증가할수록 이웃 노드가 증가하므로 local maximum 문제 발생횟수가 감소하고 있다. 본 논문에서 제안한 UIGRP와 GPSR, GPUR을 비교해 볼 때 local maximum 문제 발생 횟수가 평균적으로 3회, 1회 감소하였다는 것을 알 수 있다.

그림 10은 노드 수의 증가에 따른 패킷 전송 성공률을 비교한 것이다. 그림 10에서 설명하고 있듯이 GPSR와 GPUR보다 패킷성공률이 높은 이유는 local maximum 문제 발생 횟수가 적어 greedy mode와 perimeter mode를 반복하지 않아도 되므로 패킷 손실이 감소하였다. 그 결과, UIGRP의 패킷 전송 성공률이 높게 나타났으며, 그림 11과 같이 패킷 전송시간을 GPSR와 GPUR에 비해 평균적으로 6.12(ms), 2.04(ms) 줄일 수 있었다.

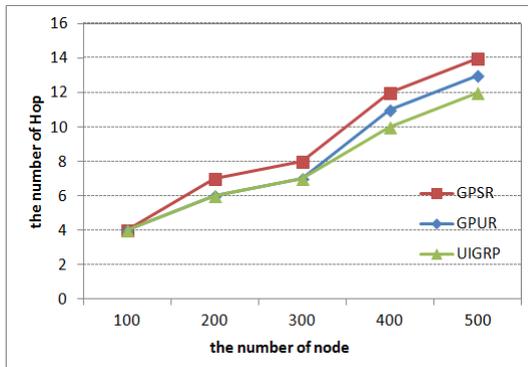


[Fig. 10] The comparison of packet transmission success ratio



[Fig. 11] The time comparison of packet transmission

그림 12는 근원지 노드에서 목적지 노드까지의 중간 노드의 수를 카운트한 라우팅 홉 수를 비교한 것이다. GPSR은 greedy mode와 perimeter mode를 반복하여 중간 노드를 선정할 때 중간 노드의 이동 방향을 고려하지 않기 때문에 라우팅 홉 수가 증가한다. 하지만, 본 논문에서 제안하는 UIGRP는 greedy mode에서 이동방향, 이웃 노드 수 그리고 목적지와의 거리를 고려하여 중간 노드를 선정함으로써 local maximum 문제 발생 횟수를 줄이고, perimeter mode에서 밀집도와 이동방향을 고려하여 중간 노드를 선정하기 때문에 라우터 홉 수를 GPSR보다 평균적으로 약 3 hop을 줄일 수 있었으며, GPUR보다는 평균적으로 약 1hop을 줄일 수 있었다.



[Fig. 12] The number comparison of routing hop

5. 결론

본 논문에서는 이동 방향, 이웃노드의 수, 그리고 밀집도를 이용하여 중간 노드 선정하는 지리 기반 프로토콜인 UIGRP를 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 UIGRP의 특징은 다음과 같다.

첫째, 차량의 이동 방향, 이웃 노드의 수를 이용하여 중간 노드를 선정함으로써 local maximum 문제 발생 횟수를 기존의 GPSR와 GPUR로 비교해 볼 때, 평균적으로 각각 3회, 1회 감소시켰다.

둘째, 중간 노드가 local maximum 문제에 직면하였을 때, UIGRP는 밀집도가 곳에 위치하고, 이웃노드 수, 목적지와 거리를 고려하여 중간 노드를 선정함으로써 local maximum 문제를 신속하게 해결할 수 있었다.

셋째, UIGRP는 local maximum 문제 발생 횟수를 줄임으로써 라우팅 홉 수를 기존의 GPSR와 GPUR로 비교해 볼 때 평균적으로 각각 3홉, 1홉 줄었다.

그 결과, UIGRP는 패킷 전송 경로를 줄여 패킷 전송 시간을 평균적으로 6.12(ms)와 2.04(ms) 줄이고, 패킷 전송 성공률을 평균적으로 15%, 3% 향상시켰으므로 VANET의 신뢰성을 향상시킬 수 있었다.

References

[1] Eun-Young Kang, "Node ID-based Service Discovery for Mobile Ad Hoc Network", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol.14, No.12, pp.109-117, Dec. 2009

[2] Jae Soo Kim and Jeong Hong Kim, "Distance Ratio based Probabilistic Broadcasting Mechanism in Mobile Ad Hoc Network", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol.15, No.12, pp.75-83, Dec. 2010
DOI: <http://dx.doi.org/10.9708/jksci.2010.15.12.075>

[3] Young-Bae Ko, Nitin H. Faiday, "Location-aided routing (LAR) in mobile ad hoc networks," Wireless networks, Vol.6, No.4, pp.307-321, 2000

[4] B. Karp and H. T. Kung, "GPSR : Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Network", in proc. of ACM/IEEE MOBICOM 2000, pp.243-254, Aug. 2000.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/345910.345953>

[5] B. Karp, "Geographic Routing for Wireless Networks," Harvard University, 2000

[6] JooSang Youn, "Virtual Location Information based Routing Scheme in Wireless Ad-Hoc Network," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol.18, No.2, pp.77-85, Feb. 2013
DOI: <http://dx.doi.org/10.9708/jksci.2013.18.2.077>

[7] Dae-Hee Kim, Sun-Sin An, "Research and Trends about VANET Routing," Korea Information and Communications Society(Information and Communications Magazine), Vol.30, No.5, pp.95-105, April 2013.

[8] Sunghyun cho, Seokwoo Kim, "Routing Algorithm of VANET for an Efficient Path Management in Urban Intersections," Journal of Korea Information and Communications Society, Vol.38A, No.12, pp.1054-1060, Dec. 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7840/kics.2013.38A.12.1054>

[9] Min-Woo Ryu, Si-Ho Cha, Kuk-Hyun Cho., "A Vehicle Communication Routing Algorithm Considering Road Characteristics and 2-Hop Neighbors in Urban Areas", Journal of Korea Information and Communications Society, Vol.36, No.5 pp.464-475, May 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7840/KICS.2011.36B.5.464>

[10] Min-Woo Ryu, Si-Ho Cha, Kuk-Hyun Cho, "An Enhanced Greedy Message Forwarding Protocol for Increasing Reliability of Mobile Inter-Vehicle Communication", Journal of The Institute of Electronics Engineering of Korea, Vol.47-TC, No.4, pp.43-50, April 2010.

[11] Witt, M. and V. Turau., "The Impact of Location Errors on Geographic Routing in Sensor Networks," in Proc. of the International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology, pp.76, 2006.

[12] Chia-Chang Hsu and Chin-Laung Lei, "Firework Search for Location Aided Routing Enhancement in Mobile Ad-Hoc Networks," in Proc. of the 8th ACM International

Workshop on Mobility Management and Wireless Access,
pp.121-124, 2010.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/1868497.1868519>

- [13] Hexa Software Development Center, "Geographical Distance Calculations", Available From: <http://www.zipcodeworld.com> (accessed Jun., 30, 2014)
-

이 병 관(Byung-Kwan Lee)

[정회원]



- 1986년 2월 : 중앙대학교 전자계산 공학과 (공학석사)
- 1990년 2월 : 중앙대학교 전자계산 공학과 (공학박사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 컴퓨터학과 교수

<관심분야>

네트워크 보안, IoT, 빅데이터, 센서 네트워크

정 은 희(Eun-Hee Jeong)

[정회원]



- 1998년 2월 : 관동대학교 전자계산 공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 관동대학교 전자계산 공학과 (공학박사)
- 2003년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 삼척캠퍼스 지역경제학과 교수

<관심분야>

네트워크보안, 전자상거래보안, 빅데이터, 센서네트워크