

도심 환경에서 도로의 특성과 2-홉 이웃 노드를 고려한 차량 통신 라우팅 알고리즘

정회원 류민우*, 차시호**, 종신회원 조국현*

A Vehicle Communication Routing Algorithm Considering Road Characteristics and 2-Hop Neighbors in Urban Areas

Min-Woo Ryu*, Si-Ho Cha**° Regular Members, Kuk-Hyun Cho* Lifelong Member

요약

V2V(Vehicle-to-Vehicle)는 VANET(Vehicular Ad-hoc Network)의 한 형태로 높은 이동성과 빈번한 토폴로지 변화로 인하여 링크 단절 문제를 야기 시킨다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 그리디 포워딩(greedy forwarding)과 같은 지리 기반 라우팅 프로토콜이 제안되었다. 그러나 그리디 포워딩 방식은 자신의 전송 범위 안에 속해 있는 노드들 중 목적지 노드와 가장 가까운 노드를 다음 전송 노드로 선정하기 때문에 교차로 및 차량의 진행 변화가 많은 도심 환경에서는 많은 문제점이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 2-hop 이웃 노드의 유/무와 도로의 특성을 고려한 GPUR(Greedy Perimeter Urban Routing) 알고리즘을 제안한다. ns-2를 사용한 성능 평가 결과 도심 환경에서 GPUR 알고리즘이 기존의 라우팅 프로토콜에 비해 경로 설정 오류 문제와 로컬 맥시멈(local maximum)에 직면할 확률을 현저히 감소시킴을 확인하였다.

Key Words : VANET, Local Maximum, GPSR, GPCR, Greedy Forwarding

ABSTRACT

V2V (Vehicle-to-Vehicle) is a special kind of VANET (Vehicular Ad-hoc Network), which has high mobility and frequent topology changes and causes the link breakage problem. To resolve this problem, geographic routing protocols such as greedy forwarding are proposed. However, the greedy forwarding approach selects the node closest to the destination node as the transfer node within the transmission range so that it may cause many problems owing to many intersections and many changes in vehicular traffic in urban areas. The paper proposes a greedy perimeter urban routing (GPUR) algorithm considering the presence of 2-hop neighbor nodes and the road characteristics. Simulation results using ns-2 reveal that the proposed GPUR algorithm significantly reduces the routing error problem and the probability of local maximum than the existing routing protocols.

1. 서론

차량 애드혹 네트워크(VANET: Vehicle Ad-hoc Network)는 기존 모바일 애드혹 네트워크(MANET:

Mobile Ad-Hoc Network)의 한 형태로서 차량 간의 통신을 수행하는 V2V(Vehicle to Vehicle)와 차량과 주변 시설 간의 통신을 수행하는 V2I(Vehicle to Infrastructure)로 나뉜다. 이러한 차량 노드들로 구성

* 본 논문은 2011년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

* 광운대학교 컴퓨터과학과(minu0921, chokh)@kw.ac.kr,

** 청운대학교 멀티미디어학과(shcha@chungwoon.ac.kr)(°: 교신저자)

논문번호: KICS2011-01-008, 접수일자: 2011년 1월 8일, 최종논문접수일자: 2011년 4월 26일

된 VANET은 빈번한 토폴로지 변화로 인해 높은 이동성과 낮은 지연시간을 수용하도록 설계되어야 한다^[1-4]. 따라서 기존 MANET에서 주로 사용되었던 라우팅 프로토콜인 AODV^[5], OLSR^[6], DSR^[7]과 같은 프로토콜보다 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing)^[8]과 같은 지리 기반 라우팅 프로토콜이 더 유용한 것으로 알려져 있다^[9]. GPSR은 목적지 노드 방향으로 진행하고 있는 노드들에게 최대한 탐욕적인 형태로 패킷을 전송함으로써 노드의 높은 이동성과 낮은 전송 지연을 해결할 수 있다^[10]. 그러나 이러한 GPSR은 자신의 전송 범위 안에 속해 있는 노드들 중 목적지 노드에 가장 가까운 노드를 다음 전송 노드로 선정하기 때문에 교차로 및 차량의 진행 변화가 많은 도심 환경에서는 많은 문제점이 발생한다^[10-11]. 이러한 문제를 해결하기 위하여 GPCR(Greedy Perimeter Coordinator Routing)^[12]이 제안되었다. GPCR은 기존의 GPSR에 도심 환경을 적용한 라우팅 프로토콜이다. GPCR은 목적지 노드로 데이터를 전송할 때 교차로의 유무를 판단하여 전송범위 안에 존재하는 목적지 노드와 가장 가까운 에지 노드를 중계 노드로 선정하는 대신에, 인접한 도로에 있는 노드들 중에서 중계 노드를 선정함으로써 도심에서의 도로에 따른 제약사항 문제를 해결하였다. 그러나 GPCR은 인접한 도로에서 노드의 밀도가 높은 쪽에 속해 있는 노드를 중계 노드로 선정하기 때문에 잘못된 경로 설정으로 인해 네트워크 전체의 지연시간이 증가하게 되고, 기존 그리디 포워딩 방식에서 나타나는 로컬 맥시멈(local maximum)에 직면하는 문제를 해결하지는 못하였다.

따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 라우팅 프로토콜 알고리즘인 GPUR(Greedy Perimeter Urban Routing)을 제안한다. GPUR은 인접한 도로(교차로) 및 직선 도로를 구분하여 중계 노드를 선정하는 방식을 다르게 적용하며, 특히 인접한 도로에 위치한 노드들 중 중계 노드를 선정할 경우 중계 후보 노드들의 인접 노드(2-hop노드)의 유/무와 목적지 노드 방향과의 일치 여부를 판별하여 중계 노드를 선정함으로써 경로 설정 오류 문제와 로컬 맥시멈에 직면할 확률을 줄일 수 있다. 2-hop 노드의 유무를 판단하는 이유는 주변에 아무런 노드도 갖지 않는 노드가 목적지 노드와 가깝다는 이유로 중계 노드로 선정되면 로컬 맥시멈에 빠지기 때문이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 연구와 관련된 기존 연구들에 대하여 살펴보고, III장에서는 본 논문에서 제안하는 GPUR 프로토콜에 대하여 기술한다. IV장에서는 GPUR의 성능 평가를 위해 기

존의 GPSR 및 GPCR과의 시뮬레이션을 통한 성능 평가를 비교하고, 마지막으로 V장에서는 결론 및 향후 과제에 대하여 논한다.

II. 관련 연구

II장에서는 지리 기반 라우팅 프로토콜인 GPSR에 대해서 설명하고 이를 도심 환경에 적용하기 위한 GPCR에 대해서 설명한다. 또한 기존 GPCR 프로토콜이 가진 문제점을 분석하여 보다 개선된 지리 기반 탐욕 포워딩 프로토콜의 필요성을 기술한다.

2.1 GPSR

GPSR^[8]은 대표적인 지리 기반 라우팅 프로토콜로서 주변 노드의 위치 정보에 따라 이웃 노드들 중 목적지 노드와 가장 가까운 노드를 선정하여 데이터를 전송하는 프로토콜이다. 따라서 모든 노드는 이웃 노드들의 위치 정보를 알고 있어야 하며, 이를 통해 이웃 노드들 중 목적지 노드까지 거리가 가장 가까운 노드를 다음 중계 노드로 선정하여 데이터를 전송한다.

GPSR의 기본 동작은 크게 탐욕 모드와 복구 모드로 나뉜다. 탐욕 모드는 GPSR의 일반적인 동작과정으로 목적지 방향으로 데이터를 전송할 때 사용하는 방식이다. 그러나 탐욕 모드로 데이터를 전송할 때 그림 1과 같이 GPSR의 소스 노드(S)는 중계 노드 선정 시 목적지 노드(D)와의 직선거리를 비교하여 중계 노드를 선정하기 때문에 도심 환경과 같은 도로의 제약을 받는 VANET 환경에서는 목적지 노드로의 전송 경로를 찾을 수 없게 된다. 따라서 이러한 상황에서 GPSR은 목적지 노드와 직선거리가 가까운 노드를 찾기 위해 복구 모드로 동작하게 된다. GPSR의 복구 모드는 목적지 노드와 반대되는 방향으로 전송을 시도

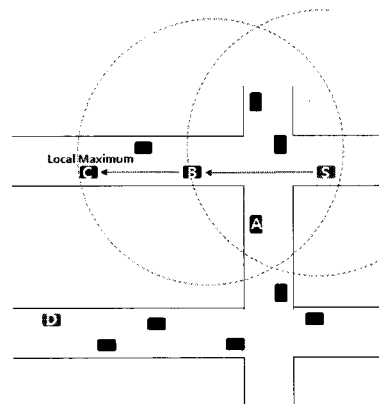


그림 1. 도심 환경에서의 GPSR의 문제점

하며, 이러한 역방향 전송은 우회된 노드에서 계산된 거리가 직선 복구 모드에서 계산된 목적지 노드까지의 거리보다 가까워질 때까지 계속된다. 따라서 위의 조건을 만족하는 경우 복구 모드를 벗어나게 되고 다시 탐욕 모드로 전송을 시작하게 된다. 이러한 GPSR을 도심 환경에 적용할 경우 복구 모드 시 중계 노드의 숫자가 늘어나게 되며, 이에 따른 데이터의 손실 및 지연시간 증가 문제가 발생한다.

2.2 GPCR

GPCR^[12]은 GPSR의 문제점을 개선하여 도심 환경에 적용하기 위해 고안된 라우팅 알고리즘이다. GPCR의 기본 동작은 GPSR과 유사하지만, 중계 노드 선정 시 전송 범위에 위치해 있는 노드들 중에서 목적지 노드와 가장 가까운 노드를 선정하지 않고, 도로의 정보를 고려하여 중계 노드를 선정한다는 차이점이 있다.

그림 2는 GPCR의 동작 방식을 나타낸 것이다. 그림 2에서 보인 것과 같이 GPCR의 전송 노드는 자신의 주변 노드의 정보를 활용하여 목적지 노드와의 거리와 함께 도로의 지형 정보를 활용하여 목적지 노드와 같은 방향으로 라우팅 경로를 설정한다. 따라서 GPCR은 VANET에 도심 환경을 적용할 경우 최적의 라우팅 경로를 제공할 수 있다. 그러나 이러한 GPCR은 인접한 도로를 기준으로 노드의 밀도와 목적지 노드와의 연계성을 바탕으로 동작하기 때문에 밀도가 낮거나 또는 목적지 노드와의 연계성이 없는 경우에는 지연시간이 증가하는 문제점과 로컬 맥시멈에 직면할 확률이 높아지는 문제점이 있다. 이러한 문제점은 복구 모드로 해결할 수 있지만 도심 환경에서의 도로의 제약적인 조건 때문에 지연 시간이 오히려 더

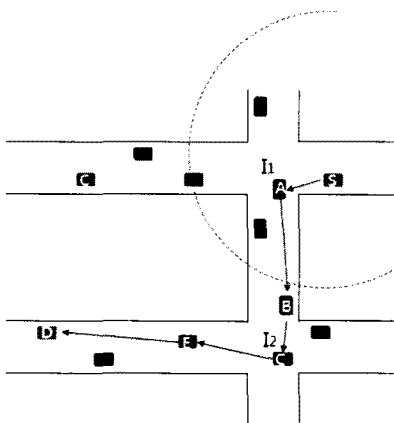


그림 2. GPCR의 동작과정

증가할 수 있다는 문제점이 있다. 또한 인접한 도로를 기준으로 다음 중계 노드를 선정하기 때문에 경로 설정의 오류를 범할 수 있다는 문제점도 있다. 따라서 VANET을 도심 지역에 적용하기 위해서는 도로의 특성에 따른 라우팅 방식과 함께 로컬 맥시멈에 직면하는 확률을 줄여야만 한다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 GPUR 라우팅 알고리즘을 제안한다.

III. GPUR

본 논문에서 제안하는 GPUR 알고리즘은 기존의 GPCR과 유사하게 도로의 특성에 따라 목적지까지 전송을 위한 중계노드를 선정한다. 그러나 GPCR은 인접한 도로에 위치해 있는 노드들을 통해서 목적지 방향으로 갈 수 있는 도로에 위치한 노드들의 밀도를 기준으로 다음 중계 노드를 선정하는 반면에 본 논문에서 제안하는 GPUR은 주기적인 비콘 메시지를 통하여 주변 노드의 위치와 주변 노드에 포함되어 있는 노드의 유/무 및 노드가 위치하고 있는 도로의 특성을 함께 판단하여 다음 중계 노드를 선정한다. 따라서 지리 기반 라우팅 알고리즘에서 나타나는 로컬 맥시멈에 직면할 확률을 현저히 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 도심 지역에서 그리디 포워딩 시 나타나는 경로 오류 문제를 해결할 수 있다. 표 1은 본 논문에서 제안하는 GPUR 알고리즘을 기술하기 위한 심볼들을 정의한 것이다.

GPUR 알고리즘은 자신의 전송 범위 내에 있는 노드들의 주변 노드들에 대한 위치 정보 리스트 및 주변 노드들이 포함하고 이웃 노드들의 위치 정보 리스트를 함께 사용하여 다음 중계 노드를 선정한다. 이때 위치 정보 리스트는 각 노드의 현재 위치와 이동 속도로 구성되며, 비콘 메시지를 수신한 후의 위치를 함께 고려하여 도로의 특성을 기반으로 중계 노드를 선정한다.

표 1. 심볼 정의

심볼	정의
$n_i(N)$	주변 노드가 포함하고 있는 노드 수
$Loinfo$	주변 노드의 위치 정보
RCN	다음 중계 노드
$\overline{Dn_i}$	주변 노드와 목적지 노드 간의 거리
RCn_i	다음 중계 후보 노드
En_i	전송 범위에 포함된 에지 노드

그림 3과 같이 임의의 노드 S에서 목적지 노드 D로 데이터를 전송하기 위하여 노드 S는 자신의 주변 노드에게 비콘 메시지를 보낸다. 비콘 메시지를 받은 A와 B 노드는 자신의 위치 정보 리스트와 주변 노드의 위치 정보 리스트를 S노드에게 보내게 된다. 이때 S노드는 자신의 주변 노드인 A노드와 B노드가 포함하고 있는 주변 노드(S노드의 2-hop 노드)의 유/무를 판단하고 도로의 특성을 확인한다.

중계 후보노드에 대한 주변 노드의 유/무를 판별하는 이유는 어떠한 주변 노드도 갖지 않는 후보 노드가 목적지 노드와 가깝다는 이유로 중계 노드로 선정되어 로컬 맥시멈에 빠지지 않도록 하기 위함이다.

또한 만약 중계 후보 노드가 위치해 있는 도로의 특성이 인접한 도로가 아니라면 자신의 전송 범위에 속해 있고 주변 노드를 포함하고 있는 노드들 중 목적지 노드와의 거리가 가장 가까운 노드를 중계 노드로 선정한다. 그러나 중계 후보 노드들이 인접한 도로에 위치하고 있을 경우 목적지 방향과 일치한 노드를 다음 중계 노드로 선정한다. 만약 중계 후보 노드들 중 목적지 방향과 일치하는 노드가 2개 이상 존재하면 목적지 노드와의 거리가 가장 가까운 노드를 다음 중계 노드로 선정하게 된다. 이때 도로의 특성은 수식 (1)과 같이 상관계수 p_{xy} 를 이용하여 구할 수 있다.

$$p_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - R_n x)(y_i - R_n y)}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n (x_i - R_n x)^2)(\sum_{i=1}^n (y_i - R_n y)^2)}} \quad (1)$$

여기서 $R_n x$, $R_n y$ 는 각각 데이터 전송 시 선정되는 중계 후보 노드들의 위치의 집합을 나타낸다. 따라서 p_{xy} 값은 $-1 \leq p_{xy} \leq 1$ 에 분포하게 된다. 즉, 1에

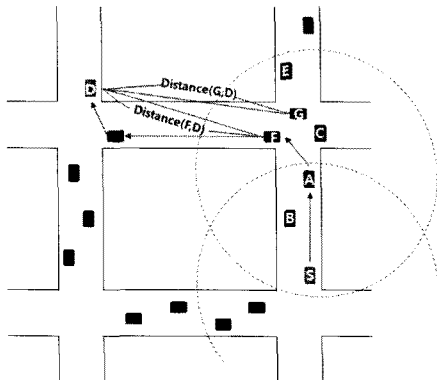


그림 3. GPUR의 동작과정

가까운 값은 직선 도로에 위치한 것을 의미하고, -1에 가까운 값은 인접한 도로에 위치한 것을 의미한다. 따라서 GPUR의 동작 시 인접한 도로에 위치한 노드들을 기준으로 목적지 노드 방향으로 이동하는 노드를 포함하고 있는 노드를 다음 중계노드로 선정하게 된다. 만약 목적지 노드 방향으로 이동하는 노드가 없을 경우 자신의 에지 노드를 다음 중계 노드로 선정하게 된다. 여기서 목적지 방향과의 일치 여부는 공분산 공식을 통하여 수식 (2)와 같이 계산 할 수 있다.

$$\sigma_{D, RCn_i} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_D)(x - \mu_{RCn_i}) f(x, y) dx dy \quad (2)$$

여기서 μ_D , μ_{RCn_i} 는 각각 목적지 노드와 중계 노드 간의 직선거리의 중점 좌표를 나타낸다. 따라서 σ_{D, n_i} 값이 0보다 작으면 목적지의 방향과 다른 방향을 나타내고, 0보다 크면 목적지 방향과 같은 방향을 나타낸다.

표 2는 GPUR 알고리즘을 나타낸 것이다. GPUR 알고리즘의 1행부터 3행까지는 전송 노드 x 가 주변 노드에게 비콘 메시지를 통하여 주변 노드 및 주변 노드의 이웃노드들의 위치정보를 받는 과정을 나타낸 것이다. 이때 n_i 는 전송 노드의 전송 범위 안에 속해 있는 노드를 나타낸다. 4행부터 5행까지는 다음 중계 후보 노드들이 직선 도로에 위치하였을 경우 목적지 노드와 가까운 노드를 다음 중계 노드로 선정하는 과정을 나타낸 것이다. 6행부터 8행까지는 다음 중계 후

표 2. GPUR 알고리즘

```

1. sends B to N
2. if  $n_i(N) \neq \emptyset$  then
3.    $n_i$  sends Loinfo to  $x_i$ 
4.   if  $p_{xy} \approx 1$  then
5.      $RCN = \text{argmin}(\overline{D} n_i, \overline{D} n_j)$ 
6.   else  $p_{xy} \approx -1$  then
7.     if  $\sigma_{D, n_i} > 0$  then
8.        $RCN = n_i$ 
9.     else  $\sigma_{D, RCn_i} < 0$  then
10.       $RCN = E n_i$ 
11.   endif
12.  endif
13. else  $n_i(N) = \emptyset$  then
14.   performs right hand rule
15. endif
    
```

보 노드들이 인접한 도로에 위치하였을 경우 목적지 방향과 일치하는 노드를 중계 노드로 선정하는 과정을 나타낸 것이다. 그리고 9행부터 11행까지는 인접한 도로에 위치한 중계 후보 노드들 중 목적지 방향과 일치하는 노드가 없을 경우 에지 노드를 중계 후보 노드로 선정하는 과정을 나타낸 것이다. 또한 13행부터 15행까지는 전송 노드 x 의 전송 범위에 속한 노드들이 주변 노드를 포함하지 않을 경우 오른손 법칙을 통해 다음 중계 노드를 선정하는 과정을 나타낸 것이다.

IV. 성능 평가

IV장에서는 본 논문에서 제안한 GPUR의 타당성을 증명하기 위하여 기존 제안되었던 GPSR 및 GPCR과의 성능을 평가하고 분석한다. 실험은 총 180초 동안 수행하며, 노드의 숫자는 10씩 100개까지 증가시켰다. 패킷의 크기는 최대 1000byte로 전송된다. 또한 비콘 메시지의 주기는 1초로 제한하였으며, 노드의 이동속도는 20km/h부터 80km/h까지 랜덤하게 설정하였다. 실험은 총 3번 수행하여 최대값과 최소값을 제외한 평균값을 이용하였다. 표 3은 성능 평가를 위해 수행한 시뮬레이션 파라미터를 정리한 것이다.

그림 4는 패킷 전송 시 노드 숫자에 따른 로컬 맥시멈에 직면할 가능성을 나타낸 것이다. 그림 4에서 보인 것과 같이 노드의 숫자가 증가할수록 로컬 맥시멈에 직면할 가능성이 감소하는 것을 알 수 있다. 그 이유는 노드의 숫자가 증가함에 따라 다음 중계 노드를 선정할 수 있는 노드의 숫자가 증가하기 때문이다. 그러나 GPSR 및 GPCR과 비교하였을 때 GPUR의 경우에는 로컬 맥시멈에 직면할 가능성이 현저히 낮아짐을 확인 할 수 있다.

그림 5는 노드 수 변화에 따른 지연시간을 나타낸 것이다. GPSR, GPCR, 그리고 GPUR 모두 노드의 숫

표 3. 시뮬레이션 파라미터

파라미터	정의
토폴로지 크기	2000 * 2000
전송 범위	250m
MAC 프로토콜	IEEE 802.11
트래픽 타입	CBR
노드 수	10 ~ 100
노드 속도	20km/h ~ 100km/h
비콘 메시지 시간	1초
대역폭	2Mbps
패킷 크기	1000byte

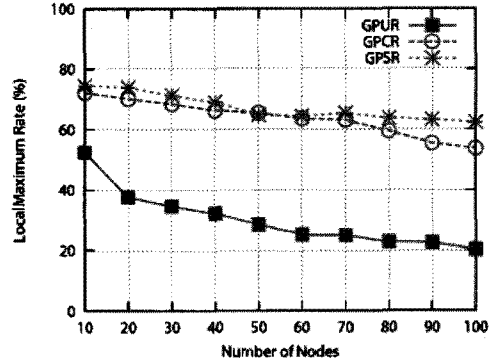


그림 4. 로컬 맥시멈에 직면할 확률

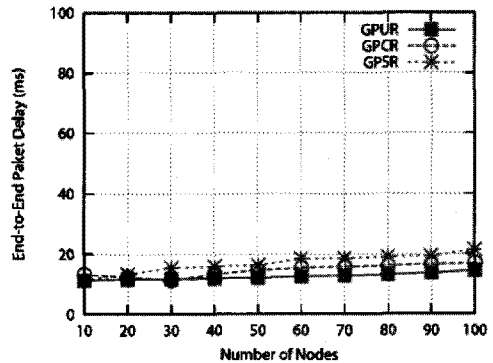


그림 5. 노드 수에 따른 지연시간

자가 증가함에 따라 지연시간도 함께 증가하였다. 이러한 이유는 노드의 숫자가 증가함에 따라 패킷 충돌로 인한 지연시간의 증가로 추측할 수 있다. 그러나 GPSR의 경우 잘못된 경로 설정 및 로컬 맥시멈에 직면하는 문제점 등의 이유로 가장 높은 지연시간을 나타내었으며, GPCR의 경우에는 인접한 도로를 기준으로 노드의 밀도에 따라 전송 경로를 설정하기 때문에 노드의 숫자가 적을 경우 가장 높은 지연시간을 나타내었다. 반면 GPUR의 경우에는 도로의 특성에 따른 전송 경로와 전송 노드의 2-hop 노드의 유/무를 통하여 데이터를 전송하기 때문에 가장 낮은 지연시간을 나타냄을 알 수 있다.

그림 6은 노드 수 변화에 따른 패킷 전달율을 나타낸 것이다. GPSR, GPCR, 그리고 GPUR 모두 노드의 숫자가 증가 될수록 높은 패킷 전달율을 나타내고 있지만, GPUR이 가장 높은 링크 전달율을 나타내고 있다. 이것은 GPSR과 GPCR에 비해 GPUR이 데이터 전송 시 보다 더 신뢰성 있는 데이터 전송을 수행함을 나타낸다.

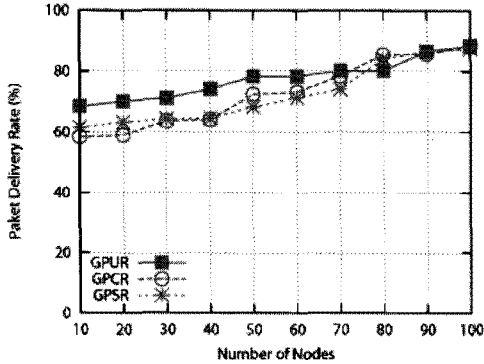


그림 6. 노드 수에 따른 패킷 전달율

V. 결 론

본 논문에서는 도심 환경의 차량 네트워크에서 그리디 포워딩 시 나타나는 로컬 맥시멈 문제와 경로 설정 오류 문제를 해결하기 위한 GPUR 알고리즘을 제안하였다. GPUR은 주기적인 비콘 메시지를 통하여 노드의 이동 위치 및 이동 방향을 예측하고, 도로의 특성에 따른 제약사항을 인접한 도로를 기준으로 목적지 노드로 향하는 노드를 중계 노드로 선정한다. 성능 평가 결과 GPUR의 성능이 기존 GPSR 및 GPCR 프로토콜에 비해 우수함이 입증되었다. 그러나 탐욕 메시지 포워딩 시 다음 중계 노드를 선정하지 못하였을 경우에는 복구 모드로 전환됨으로써 발생하는 지연시간 문제는 여전히 남아있다. 따라서 향후 연구에서는 이러한 문제점을 고려한 추가적인 성능 개선 방안에 대한 연구가 요구된다.

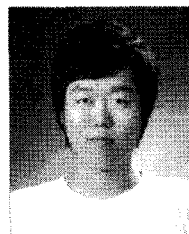
참 고 문 헌

- [1] Wireless Access for Vehicular Environment, http://www.standards.its.dot.gov/fact_sheet.asp.
- [2] ESTI, "Intelligent Transport Systems", <http://www.etsi.org/WebSite/technologies/IntelligentTransportSystems.aspx>.
- [3] J. J. Blum, A. Eskandarian, L. J. Hoffman, "Challenges of inter-vehicle ad hoc networks", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.5, No.4, pp.347-351, Dec. 2004.
- [4] IEEE P1609.4, "Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Multi-Channel Operation", 2006.
- [5] IETF, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector

- Routing", RFC 3561, July 2003.
- [6] IETF, "Optimized Link State Routing", RFC 3628, Oct. 2003.
- [7] IETF, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Network for IPv4", RFC 4728, Feb. 2007
- [8] 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.
- [9] G. Liu, B.-S. Lee, B.-C. Seet, C. H. Foh, K. J. Wong, and K.-K. Lee, "A routing strategy for metropolis vehicular communications", in proc. of International Conference on Information Networking (ICOIN), pp.134-143, 2004.
- [10] X. Xing, C. Lu, R. Pless et al, "On Greedy Geographic Routing Algorithms in Sensing Covered Networks", in proc. of ACM Mobihoc'04, pp.31-42, May. 2004.
- [11] F. Kuhn, R. Wattenhofer, et al., "Asymptotically Optimal Geometric Mobile Ad-hoc Routing", in proc. of the 6th ACM DIALM'02, pp.24-33, 2002.
- [12] C. Lochert, M. Mauve, H. Fler, H. Hartenstein. "Geographic Routing in City Scenarios", ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review (MC2R) Vol.9, No.1, pp.69-72, 2005.
- [13] Min-Woo Ryu, Si-Ho Cha, Kuk-Hyun Cho, "A Routing Prediction Algorithm for Increasing Reliability in VANET", in proc. of the International Conference on Information Networking (ICONI'10), Dec. 2010.

류 민 우 (Min-Woo Ryu)

정회원



2007년 여주대학 인터넷응용학과 전문학사
 2009년 광운대학교 컴퓨터학과 공학석사
 2009년~현재 광운대학교 컴퓨터학과 박사과정
 <관심분야> 차량 통신 네트워크, 무선 센서 네트워크, 무선 메쉬 네트워크

차 시 호 (Si-Ho Cha)

정회원



1995년 순천대학교 전자계산학과 이학사

1997년 광운대학교 전자계산학과 이학석사

1997년~2000년 대우통신 종합연구소 선임연구원

2004년 광운대학교 컴퓨터과학과

공학박사

2009년~현재 청운대학교 멀티미디어학과 교수

<관심분야> 네트워크 관리, 차량 통신 네트워크, 무선 센서 네트워크

조 국 현 (Kuk-Hyun Cho)

종신회원



1977년 한양대학교 전자공학과 공학사

1981년 일본 Tohoku Univ. 전자공학과 공학석사

1984년 일본 Tohoku Univ. 전자공학과 공학박사

1984년~현재 광운대학교 컴퓨

터공학부 교수

<관심분야> 네트워크 관리, 차량 통신 네트워크, 무선 센서 네트워크