

# VANET 유니캐스팅 라우팅에서 실패 정보를 이용한 경로 재탐색 기능의 강화

이원열<sup>†</sup>, 이완직<sup>\*\*</sup>

## 요 약

도심에서의 VANET 통신을 위한 유니캐스팅 라우팅은 사용자 편의를 위해 매우 중요한 요소 기술이다. 유니캐스팅을 위해서는 적절한 경로로 패킷이 전달되어야 하는데 차량노드에서 활용 가능한 라우팅 관련 정보에 한계가 있어 많은 문제가 발생한다. 특히 경로 재탐색 시 이미 실패한 경로를 다시 선택하고, 동일한 과정을 거쳐 또 다시 이전 실패 경로를 선택하게 되는 실패 경로 재 선택의 문제가 최종 패킷 전달 실패의 원인이 된다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결할 수 있는 VANET 유니캐스팅 라우팅의 경로 재탐색 기능 강화 방안을 제안한다. 제안하는 경로 재탐색 기능은 이미 실패한 경로 정보를 패킷에 저장하여 경로 재탐색 시 활용하도록 한다. 소스 라우팅을 기반으로 하는 기존의 VANET 라우팅 기법과의 성능 비교에서 제안한 방식의 우수성을 알 수 있다.

## An Enhanced Rerouting Function using the Failure Information in a VANET Unicasting Routing

Won Yeoul Lee<sup>†</sup>, Wan-Jik Lee<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

The unicasting routing technology of VANET is very important for user convenience. Unicasting packets must be forwarded to the appropriate path in order to arrive to the destination. However, there are so many problems because the vehicle nodes have limited information related to the routing decision. In particular, packet delivery failure will be occurred by selecting the path already failed again. We call this problem as 'Failed Path Re-Selection Problem'. In this paper, we propose an enhanced rerouting function of VANET Routing. The proposed rerouting function uses the failed path information when rerouting function executed. For this rerouting function, failed path information will be stored in the packet whenever the routing fail occurred. By the comparison with the performance of legacy VANET routing function, the superiority of the proposed method can be seen.

**Key words:** VANET, Rerouting(재경로 설정), Failed Path Re-Selection(실패-재경로 선택), Failed Segment Information(실패 경로정보)

---

※ 교신저자(Corresponding Author) : 이완직, 주소 : 경남 밀양시 삼랑진읍 청학리 부산대 밀양캠퍼스 IT응용공학과 (627-706), 전화 : 055) 350-5416, FAX : 055-350-5419, E-mail : wjlee@pusan.ac.kr  
접수일 : 2013년 12월 23일, 수정일 : 2014년 1월 7일  
완료일 : 2014년 1월 8일

---

<sup>†</sup> 정회원, 영산대학교 공과대학 사이버경찰학과  
(E-mail : lumpen@ysu.ac.kr)

<sup>\*\*</sup> 정회원, 부산대학교 IT응용공학과

※ 본 논문은 부산대학교 자유 과제 학술 연구비(2년)에 의해 연구되었음.

## 1. 서 론

VANET(Vehicular Ad-hoc Network)은 차량 간 통신 또는 차량과 노변장치 간의 통신이 이루어지며, 각 차량 장치가 데이터를 송수신하는 노드이면서 다른 차량 간의 통신을 위한 라우터 역할을 동시에 수행할 수 있어야 한다. 즉 VANET은 기본적으로 인프라(Infrastructure)없이 무선 매체를 통해 노드 간 통신이 가능한 MANET(Mobile Ad-hoc Network)에서 모바일 노드 역할을 차량이 수행하는 에드 호크(Ad-hoc) 형태의 네트워크이다.

이러한 VANET 통신을 위한 기술은 잠재적인 부가가치로 인해 학계 및 산업계에서 지대한 관심을 보이고 있는 분야로 볼 수 있으며, VANET 서비스는 크게 안전 관련 서비스와 사용자 편의 서비스로 나눌 수 있다. 안전 관련 서비스를 위해 통신 기술이 풀어야 할 숙제는 무선 통신의 특성으로 인한 지연 시간을 최소화 시키는 것이다.

안전 관련 서비스와 달리 사용자 편의 서비스는 원거리 노드와의 통신을 통해 제공되는 경우가 대부분이다. 이러한 서비스를 위해 VANET 환경에 적합한 유니캐스팅 라우팅 기술이 필요하다. VANET 환경은 노드의 이동으로 인한 토폴로지의 변화가 자주 일어나며 전체 교통 상황을 알 수 없기 때문에 최적의 라우팅 경로는 구하기가 불가능하다고 보는 것이 타당할 것이다. 따라서 지역적인 정보만을 이용하며 대부분의 도로형태와 노드의 이동 패턴에 적용 가능한 라우팅 기법이 필요하다.

이러한 필요성으로 인해 많은 VANET 라우팅 기법들이 제안되었다[1-4]. 제안된 대부분의 VANET 라우팅 기법은 [1]과 같은 그리디(Greedy) 방식 혹은 [2], [3], [4]와 같은 방식을 이용해 패킷을 전달하도록 제안하고 있다. 그러나 어떠한 방식을 이용하더라도 VANET 환경의 특성 상 패킷 전달의 실패는 피할 수 없다[5,6]. 그 이유는 선택된 경로 상에 패킷 전달을 담당할 노드가 없을 가능성이 있기 때문이다. 선택된 경로 상에 패킷 전달을 담당할 노드가 없을 경우 새로운 경로를 다시 선택하게 되는데 이 기능을 경로 재탐색 기능이라 한다.

대부분의 제안된 VANET 라우팅 기법에서 경로 재탐색은 패킷 전달이 실패한 노드에서 목적지까지의 새로운 경로를 탐색하는 방식을 취하고 있다. 특

히 대부분의 VANET 라우팅 기법은 지도 정보를 이용하는 소스 라우팅을 기반으로 하므로 경로 재탐색 또한 소스 라우팅을 이용해 새로운 경로를 선택한다. 소스 라우팅은 지도 정보만을 이용하므로 경로 재탐색 시 해당 패킷 전달 과정 중에 실패한 경로 정보는 이용하지 않는다. 따라서 과거에 실패한 경로를 또 다시 선택할 수 있는 가능성이 있다. 이미 실패한 경로를 재 선택하는 것이 치명적인 이유는 동일한 실패 경로들을 반복적으로 선택하게 되어 결국 목적지까지의 유효한 경로가 없다고 판단하기 때문이다. 경로 재탐색 방법에 대해 다양한 제안들이 있지만 대부분의 제안에서 이미 실패한 경로를 다시 선택하여 발생할 수 있는 실패 경로 재 선택에 대한 대비는 아직 제안이 되지 않고 있다.

실패 경로 재 선택은 대부분의 VANET 라우팅이 소스 라우팅을 기반으로 하고 있으며 과거에 실패한 경로에 대한 정보를 경로 재탐색 시 알 수 없기 때문에 발생한다. 지도를 기반으로 하는 소스 라우팅은 전체 도로의 차량 상황을 파악할 수 없는 VANET 환경에서는 가장 적절해 보인다. 따라서 실패 경로 재 선택의 문제는 실패 경로에 대한 정보의 전달로 해결해야 한다. 이러한 방식을 이용하여 본 논문에서는 VANET 유니캐스팅 라우팅에서 경로 재탐색 기능을 개선하고자 한다.

본 논문의 2장에서는 기존의 유니캐스팅 라우팅 연구에 대해 살펴보고, 본 연구에서 해결하고자 하는 문제의 심각성을 설명한다. 본 논문에서 제안하는 라우팅 기법을 3장에 기술하며 4장에서 제안하는 라우팅 기법의 성능 평가 결과를 나타낸다.

## 2. 기존 VANET 라우팅의 경로 재탐색 기법

VANET 라우팅 기법은 MANET을 위해 설계된 라우팅 기법을 VANET에 적용시킨 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing)[1] 기법 등 위치 기반 라우팅 기법을 중심으로 점차 발전되어 왔다. 위치 기반 라우팅 기법은 주소가 아닌 노드의 위치 정보를 이용하는 라우팅 기법으로써 노드의 이동성이 높은 VANET 환경의 유니캐스팅 라우팅에 적합하다고 인식되고 있다[5,6].

GPSR 라우팅 기법은 목적지 방향으로 패킷 전달 가능 노드가 없을 경우 Perimeter mode로 천이해서

다시 전송 가능 노드를 찾는 방식을 취한다. 패킷을 전달할 다음 노드가 없을 경우 “The Right-Hand Rule” 방식에 따라 우회 경로로 패킷을 전달한다. 즉 라우팅 실패 시의 경로 재탐색 동작은 지연 시간의 증가, 홉 카운트 증가, 반복 실패 가능성의 증가, 최종 패킷 전달 실패 등의 문제를 야기한다. GPSR 기법은 지도 정보를 이용하지 않고 인접 노드의 정보만을 이용하는 방식이므로 소스 라우팅에 기반을 둔 라우팅 기법은 아니다.

GPSR의 문제를 해결하고자 GSR(Geographic Source Routing) 기법, SAR(Spatially Aware Packet Routing) 기법, STAR(Spatial and Traffic Aware Routing) 기법 그리고 GPCR(Greedy Perimeter Coordinator Routing) 기법 등이 제안되었다[7,8].

GSR 라우팅 기법은 지도 정보를 이용하여 목적지까지의 경로를 계산한다. 경로는 목적지까지의 교차로를 지도를 통해 미리 파악함으로써 만들어진다. 계산된 경로 정보는 메시지 헤더에 기입하여 거치는 노드들이 패킷을 전달할 방향을 결정할 수 있도록 한다. GSR 기법의 경우 경로 실패가 발생한 노드에서 다시 경로 계산을 수행하며 이 동작으로 인해 동일한 실패 경로가 반복적으로 선택되는 문제가 있다[3].

SAR, STAR, GPCR 등 대부분의 제안된 기법들도 지도 정보를 이용하는 소스 라우팅 기법들이다. 이들 모두 경로 실패의 경우 라우팅 경로 선택 방식에 따라 라우팅 실패 노드에서 다시 새로운 경로를 선택하도록 하고 있다. 이렇듯 경로 재탐색 동작이 동일하게 이루어지다 보니 GSR과 같이 동일한 라우팅 실패의 반복이 발생할 수 있다.

그림 1은 STAR의 라우팅 결정 후 패킷 전달 과정을 보이고 있다. 오른쪽 아래의 Source 노드에서 위의 Destination 노드까지 소스 라우팅을 통해 AP1-AP2-Destination 경로를 선택했다. AP1 영역에서 AP2 영역으로의 패킷 전달이 실패한 후 패킷 전달 실패 노드에서 다시 경로 계산을 한다. 그 결과 AP3-AP4-AP5-Destination 경로를 선택하고 패킷은 성공적으로 전달이 된다. 경로 실패 시 이루어지는 동작은 아주 간단하고 효과적으로 보이지만 경로 재탐색 시 선택하는 경로는 동일한 지도 정보를 이용하기 때문에 이미 실패한 경로를 다시 선택할 가능성이 높다. 그림 1의 예에서 AP3 영역의 노드에서 AP4 영역으로 패킷 전송이 실패하면 또 다시 AP1-AP2-

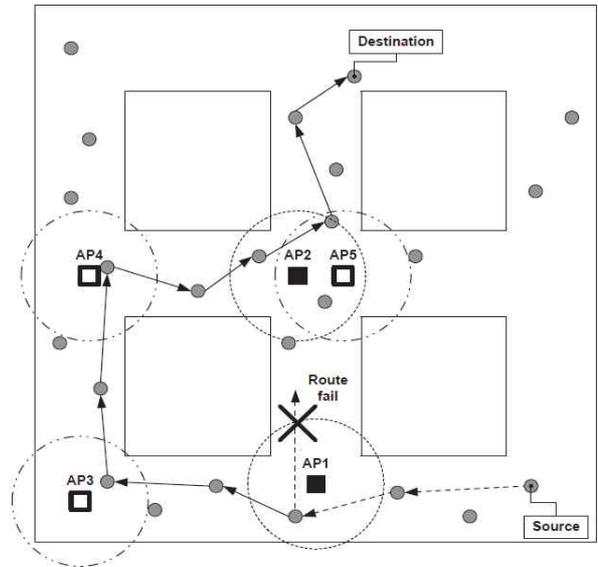


그림 1. STAR의 경로 재탐색 동작[8]

Destination 경로를 선택할 가능성이 높다는 의미이다. 만일 이러한 실패 경로 재 선택이 발생하면 AP3의 노드와 AP1의 노드 간에 패킷이 반복 전송되어 결국 패킷 전송이 실패한다.

### 3. 실패 경로 정보를 이용한 경로 재탐색 기능 강화 방안

대부분의 VANET 라우팅 기법에서 사용하는 경로 재탐색 방식은 근원지 노드에서 목적지 노드로의 경로를 선택하는 방식과 동일하기 때문에 실패 경로를 다시 선택할 가능성이 있다. 즉 사용하는 라우팅 알고리즘에 의해 판단하는 경로의 선호도가 항상 동일하므로 실패 경로 재 선택 확률이 높아진다. 따라서 경로 재탐색 시의 라우팅 결정 방식은 부가 정보를 활용하여야 함을 알 수 있다.

경로 재탐색 시 가장 간단하게 이용할 수 있는 부가 정보로는 실패 경로에 대한 정보이다. 소스 라우팅을 위해서는 패킷에 경유하는 위치 정보가 있어야 한다. 이미 지나온 위치 정보를 저장했던 패킷 필드에 실패 경로 정보를 저장하면 경로 재탐색 시 이를 이용하여 실패 경로 재 선택의 문제를 해결할 수 있다. 만일 실패한 경로 정보를 모두 저장할 수 있다면 유효 경로가 존재하는 경우 라우팅은 꼭 성공할 것이다. 그러나 패킷의 크기에 한계가 있으므로 저장 가능한 실패 경로 정보의 양에 한계가 있을 수밖에 없다.

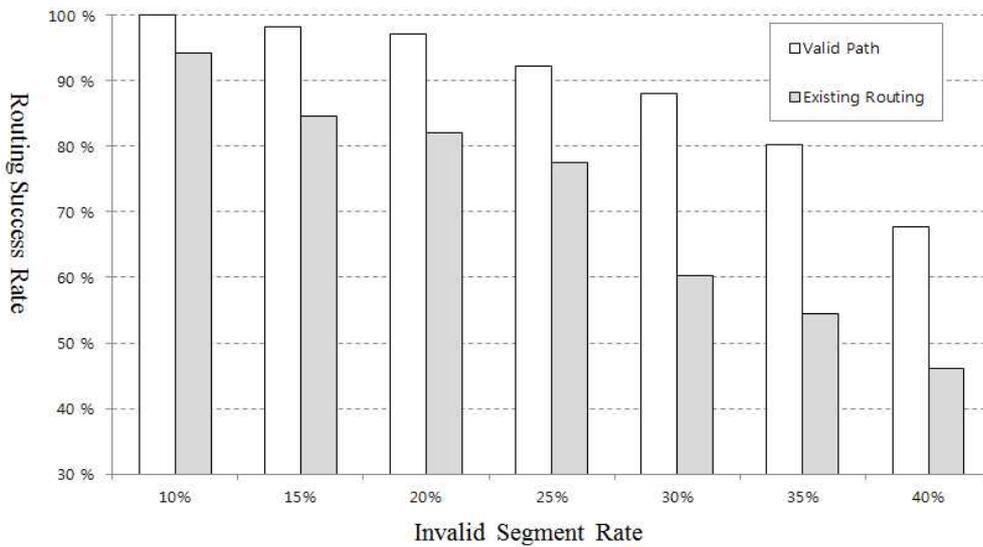


그림 2. 기존 VANET 라우팅에서 유효 경로에 대한 라우팅 실패 확률

본 논문에서는 패킷에 실패 경로 정보를 저장하는 간단한 방법만으로 경로 재탐색의 성능을 높일 수 있는 방안을 제안한다. 제안하는 경로 재탐색 기법은 소스 라우팅을 기반으로 하는 VANET의 라우팅 기법 대부분에 적용 가능하며 특히 차량이 한산한 시각에 기존 라우팅에 비해 높은 성능을 보여준다.

실패 경로 재 선택의 문제로 인해 유효 경로가 있음에도 불구하고 라우팅 실패가 발생하는 비율을 간단한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 확인해 보았다. 그림 2는 간단한 형태의 도로망에서 교차로 사이의 패킷 전달이 불가능한 도로를 무작위로 분포시키면서 근원지 노드와 목적지 노드 사이의 유효 경로가 있을 경우에 대한 라우팅 실패율을 나타내었다. 세그먼트(segment)는 교차로와 교차로 사이의 도로를 의미한다.

그림 2의 결과를 통해 유효 경로가 있음에도 불구하고 라우팅 실패가 되는 경우가 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 특히 패킷 전송이 불가능한 세그먼트의 비율이 20%를 넘어가면서 라우팅 성공률이 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다. 이는 실패 경로 재 선택의 확률이 그 만큼 높아지기 때문에 발생하는 현상이다. 이와 같이 VANET 환경에서 실패 경로 재 선택에 의해 발생하는 문제는 의외로 상당히 심각함을 알 수 있다. 패킷 전달이 실패할 경우 사용자에게는 연결 불가 메시지가 전달이 될 것이고 이 경우 사용자가 체감하게 되는 서비스의 질은 타 네트워크 서비스와의 비교에 의해 매우 낮아질 것이다.

그림 3은 실패 경로 재 선택이 가능한 도로 형태를

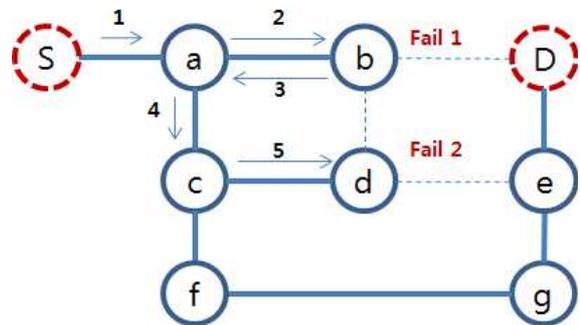


그림 3. 실패 경로 재 선택 가능 도로 형태 예

그래프로 도식화해서 보이고 있다. 그림 3에서 원은 교차로를 의미하고 선은 도로를 의미한다. 도로가 실선으로 표시된 곳은 현재 노드가 있음을 나타내고 점선은 노드가 없음을 나타낸다. 노드는 지도 정보를 통해 도로의 형태를 알고 있으며, 인접 차량들과의 주기적인 신호 교환을 통해 인접 노드 상태를 알고 있다고 가정한다.

그림 3의 교차로 S에 근원지 노드가 있으며 교차로 D에 목적지 노드가 있을 경우, 근원지 노드에서는 지도를 이용하여 경로를 탐색하고 a - b - D 순서로 전송 교차로를 결정한다. 결정된 경로를 통해 패킷을 전송하면 교차로 b에서 다음 교차로까지 노드가 없기 때문에 패킷 전송은 실패한다(Fail 1). b에서 다시 경로 재탐색을 하여 a-c-d-e-D 경로를 결정하면 이 경로 또한 교차로 d에서 전송 실패가 발생한다(Fail 2). 만일 d에서 경로 재탐색 결과가 c-a-b-D로 나오면 앞의 전송 실패가 반복된다. 이러한 실패

표 1. 위치 별 패킷 정보의 변화 과정 및 경로 재탐색 시점

Location	Selected Routing Path	Failed Routing Information	Action
S	a-b-D	-	Routing and Packet Forwarding
a	a-b-D	-	Packet Forwarding
b	a-b-D	seg(b,D)	<b>Re-Routing</b>
a	a-c-d-e-D	seg(b,D)	Packet Forwarding
c	a-c-d-e-D	seg(b,D)	Packet Forwarding
d	a-c-d-e-D	seg(b,D), seg(d,e)	<b>Re-Routing</b>
c	c-f-g-e-D	seg(b,D), seg(d,e)	Packet Forwarding
f	c-f-g-e-D	seg(b,D), seg(d,e)	Packet Forwarding
g	c-f-g-e-D	seg(b,D), seg(d,e)	<b>Packet Forwarding</b>
e	c-f-g-e-D	seg(b,D), seg(d,e)	<b>Packet Forwarding</b>
D	c-f-g-e-D	seg(b,D), seg(d,e)	Forwarding completed

경로 재 선택의 문제는 전송 가능한 S-a-c-f-g-e-D 경로가 있음에도 불구하고 b와 d 영역의 노드가 경로 재탐색을 반복하다가 결국 패킷 전송에 실패한다는 것이다.

본 논문에서 제안하는 실패 경로 정보를 이용하는 경로 재탐색 방식은 첫 번째 패킷 전달 실패 지점인 교차로 b의 노드에서 경로 재탐색을 할 경우 기존 실패 경로가 없으므로 b-D 세그먼트를 제외한 경로 중 최선의 경로를 선택하고 패킷에 실패 경로 정보 seg(b, D)를 저장하여 패킷을 전달한다. 이후 교차로 d 영역에서 두 번째 패킷 전달 실패가 발생하면 이미

실패한 세그먼트 seg(b, D)를 제외한 경로 중에서 최선의 경로를 선택한다. 그림 3의 경우 c-f-g-e-D 경로가 선택된다.

VANET에서의 경로 재탐색 기능은 차량이 한산할수록 중요성이 더더욱 커진다. 즉 그림 2의 시뮬레이션 결과와 같이 패킷 전달이 불가능한 세그먼트가 많을수록 경로 재탐색의 기회는 잦을 것이고 실패 경로 재 선택의 횟수 또한 급격히 증가할 것이다. 이러한 문제를 패킷에 실패 경로 정보를 저장하는 방법으로 유효 경로를 찾을 확률을 높임으로써 VANET 유니캐스팅을 이용하는 서비스의 질을 높일 수 있다.



그림 4. 실제 도로망 사례

그림 3과 같은 도로 구조가 실제 도로망에 너무나 혼한 형태라는 점에서 실패 경로 재 선택문제의 심각성이 높아진다. 그림 4는 부산시의 특정 지역 도로망을 나타낸 것이다. 그림 4에서 알 수 있듯이 대부분 도로 구조가 그림 3과 같은 형태임을 알 수 있다.

#### 4. 성능 평가

본 논문에서 제안하는 경로 재탐색 기법의 성능을 시뮬레이션을 통해 측정하였다. 기존의 VANET 라우팅에서 사용하는 소스 라우팅 기반 기법들과의 성능 비교를 통해 본 논문에서 제안하는 기법의 우수성을 증명하였다. 성능 평가는 종단간의 라우팅 가능 여부로 판단하였다. 특히 유효 경로가 있는 경우에 라우팅 실패가 되는 비율을 측정하여 경로 재탐색 기능의 성능을 분석 하였다.

시뮬레이션을 위해 그림 5와 같은 구조의 간단한 형태의 도로망을 가정하였다. 6 × 10 개의 교차로와 104개의 세그먼트가 있는 도로망에서 근원지 및 목적지 노드의 위치를 변화시키면서 시뮬레이션 하였고 전체 세그먼트 중 패킷 전달이 불가능한 세그먼트를 10%에서 40%까지 변화시키면서 시뮬레이션을 수행하였다. 패킷 전달이 불가능한 세그먼트는 무작위로 배치하였다.

기존 VANET 라우팅 기법은 소스 라우팅을 기반으로 동작하도록 하였으며 경로의 선호도는 홉카운트를 이용한 최단거리 경로를 우선적으로 선택하도록 하였다. 본 논문에서 제안하는 기법 또한 소스 라우팅을 기반으로 하도록 하였으며 단지 경로 재탐색 시 실패 경로 정보를 활용하여 경로를 선택하도록

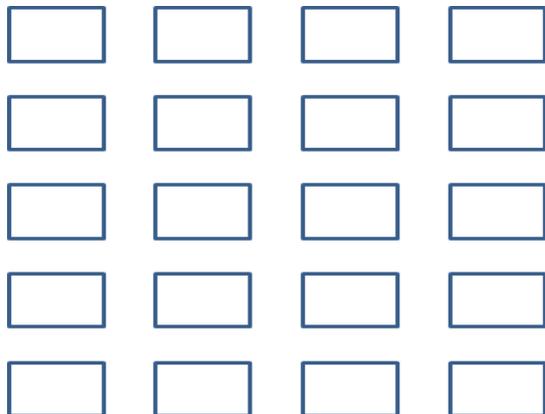


그림 5. 시뮬레이션 용 도로 형태

하였다. 패킷에 저장되는 실패 경로 정보가 2개인 경우부터 5개까지의 성능을 측정하였다.

기존의 VANET 라우팅 기법과 제안 기법의 라우팅 성공률을 비교한 결과를 그림 6에 나타내었다. FSC는 패킷에 저장된 실패 경로 개수(Failed Segment Counter)를 의미하며 Existing Routing은 기존의 VANET 라우팅 방식을 의미한다. 시뮬레이션 결과가 보이듯이 제안한 기법의 라우팅 성공률이 기존의 방식에 비해 높으며 특히 FSC의 크기가 클수록 성능이 좋아지는 것을 알 수 있다.

그림 7은 종단간의 유효 경로가 존재하는 경우에 대한 라우팅 성공률을 보이고 있다. 그림 7의 결과는 FSC가 3인 경우만을 나타내었다. 유효 경로에 대한 제안 방식과 기존 방식의 라우팅 성공률에 차이가 있음을 알 수 있다. 제안 방식이 기존의 방식에 비해서는 성능이 좋지만 실제 유효 경로를 모두 찾아 주지는 못함을 알 수 있다. 패킷에 저장하는 실패 경로 정보의 양이 한계가 있어 이러한 결과가 나타난다.

가장 이상적인 결과는 유효 경로가 존재하는 비율과 동일한 라우팅 성공률일 것이다. 그러나 표 2에서 보이는 바와 같이 패킷 전달이 불가능한 세그먼트가 증가할수록 필요한 FSC가 커져 패킷 크기에 영향을 미치게 된다. 표 2는 유효 경로를 찾을 때까지 시뮬레이션 했을 때의 FSC 값이다. 이 경우 존재하는 유효 경로의 비율과 실제 라우팅 성공률이 동일하게 된다.

표 2. 라우팅 성공에 필요한 FSC 크기

Invalid Segment Rate	Average FSC	Max FSC
10 %	0.559	3
	0.655	5
	0.249	4
	0.202	3
20 %	1.076	11
	1.546	7
	1.701	12
	0.960	5
30 %	4.019	17
	2.864	13
	2.765	17
	3.413	22
40 %	5.796	30
	5.213	29
	4.465	32
	5.759	30

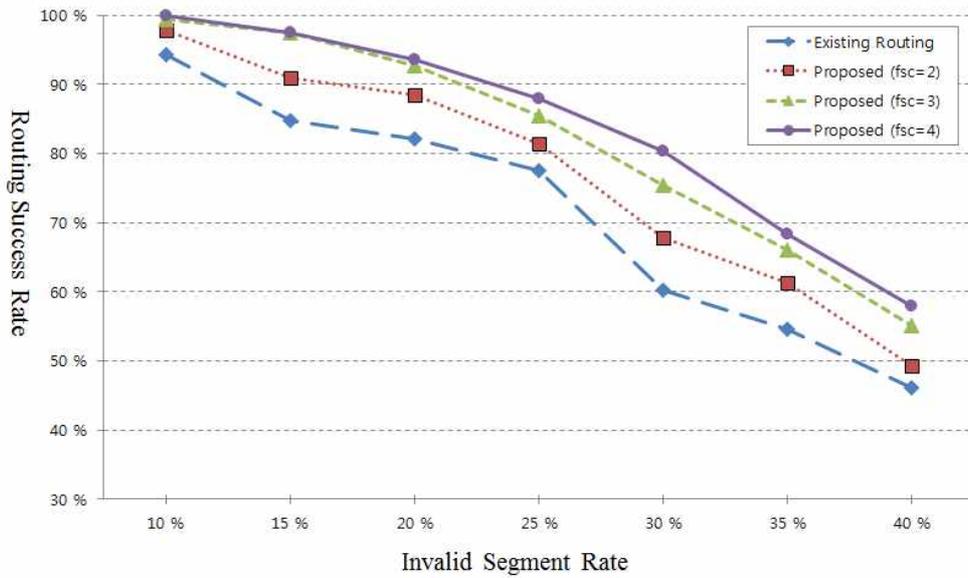


그림 6. 라우팅 성공률

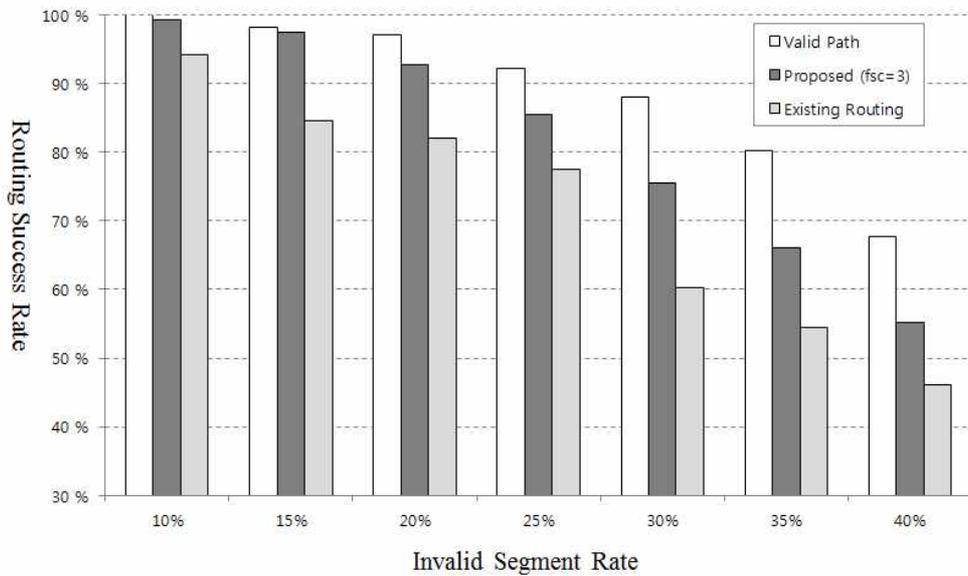


그림 7. 유효 경로에 대한 라우팅 성공률

그러나 표 2에서 보듯이 패킷 전달이 불가능한 세그먼트가 증가할수록 FSC 최대값이 매우 커지는 것을 알 수 있다.

지금까지의 시뮬레이션 결과는 소스 라우팅을 기반으로 하는 기존의 VANET 라우팅에서 경로 재탐색 방식이 역할을 잘 해내지 못함을 보여준다. 본 논문에서는 패킷에 실패 경로 정보를 삽입하는 간단한 방식으로 경로 재탐색 기능의 성능을 높일 수 있다는 것을 증명하였다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 VANET 라우팅에서 큰 역할을 해야 할 경로 재탐색 기능이 도로망의 형태와 차량의 분포 특성으로 인해 제 기능을 발휘하지 못하는 문제를 도출하였다. 이 문제는 이미 실패한 경로를 재 선택하는 동작으로 인해 발생한다. 이러한 실패 경로 재 선택의 문제가 VANET 환경에서 아주 심각한 결과를 초래할 수 있다는 것을 시뮬레이션 결과를 통해

알 수 있었다. 본 논문에서는 패킷에 실패 경로 정보를 저장하여 경로 재탐색 시 사용하게 함으로써 라우팅 성공률을 높일 수 있었다. 패킷에 저장될 수 있는 정보의 크기에 한계가 있어 이상적인 성능은 취할 수 없으나 유의미한 성능의 증가를 시뮬레이션을 통해 알 수 있었다. 향후 전체 도로의 차량 상태를 파악할 수 있는 인프라가 등장하기 전까지는 제안한 경로 재탐색 기능이 VANET 라우팅의 성능 향상에 도움이 되리라 예상된다.

### 참 고 문 헌

- [1] B. Karp and H.T. Kung, "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks," *Proc. Int. Con. Mobile computing and networking in MobiCom'00*, pp. 243-254, 2000.
- [2] Valery Naumov and Thomas R. Gross, "Connectivity Aware Routing(CAR) in Vehicular Ad-hoc Networks," *26th IEEE Int. Conf. Computer Communications IEEE INFOCOM*, pp. 1919-1927, 2007.
- [3] M. Mauve Lochert, H. Fussler, and H. Hartenstein, "Geographic Routing in City Scenarios," *Proc. Int. Conf. Mobile Computer Communications SIGMOBILE*, Vol. 9, No. 1, pp. 69-72, 2005.
- [4] D.B. Johnson and D.A. Maltz, "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks," *Mobile Computing*, Vol. 353, pp. 153-181, 1996.
- [5] Fan Li and Yu Wang; "Routing in Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey," *IEEE Vehicular Technology Magazine*, Vol. 2, Issue 2, pp. 12-22, 2007.
- [6] S. Jaap, M. Bechler, and L. Wolf, "Evaluation of Routing Protocols for Vehicular Ad Hoc Networks in City Traffic Scenarios," *Proc. of the 5th Int. Conf. on Intelligent Transportation Systems(ITS) Telecommunications*, pp. 584-602, 2005.
- [7] F. Giudici and E. Pagani, "Spatial and Traffic-aware Routing(STAR) for Vehicular Systems," *Proc. of High Performance Computing and Communications of Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 3726, pp. 77-86, 2005.
- [8] B. Seet, G. Liu, B. Lee, C. Foh, K. Wong, and K. Lee, "A-STAR: A Mobile Ad Hoc Routing Strategy for Metropolis Vehicular Communications," *Proc. of the third Int. IFIP-TC6 Networking Conf., Networking Technologies, Services, and Protocols; Performance of Computer and Communication Networks: Mobile and Wireless Communications, in Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 3042, pp. 989-999, 2004.
- [9] K. Lee, J. Haerri, U. Lee, and M. Gerla, "Enhanced Perimeter Routing for Geographic Forwarding Protocols in Urban Vehicular Scenarios," *Proc. Int. Conf. IEEE GLOBECOM Workshop*, pp. 1-10, 2007.
- [10] Bae Ihn-Han, "Design and Evaluation of a Hierarchical Service Management Method using Bloom Filters for Large MANETs," *한국멀티미디어학회논문지*, 제11권, 제12호, pp. 1688-1696, 2008.
- [11] 이상선, "VANET(Vehicle Ad-hoc Network) 라우팅 프로토콜 연구 동향," *한국멀티미디어 학회지*, 제12권, 제4호, pp. 17-27, 2008.



## 이 원 열

1987년 2월 경북대학교 전자공학과 공학사  
 1993년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과 공학석사  
 2002년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과 공학박사

1997년 9월 ~ 2002년 2월 성심외국어대학 정보통신학과 교수

2002년 3월 ~ 현재 영산대학교 공과대학 사이버경찰학과 교수

관심분야 : 이동통신 기술, VANET, 네트워크 보안



## 이 완 직

1992년 2월 경북대학교 통계학과 이학사  
 1994년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과 공학석사  
 2007년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과 공학박사

1997년 ~ 2005년 밀양대학교 정보통신공학부 교수

2006년 ~ 현재 부산대학교 IT응용공학과 교수

관심분야 : VANET 라우팅, IoT/M2M 통신기술, 그린 컴퓨팅 기술