

VANET에서의 DTN 라우팅

서울시립대학교 | 유 준
서울대학교 | 황재룡 · 오하영 · 김종권*

1. 서론

최근 차량에서의 무선통신기술의 발전으로 인하여 차량 이동망에서의 다양한 Intelligent Transportation System(ITS) 애플리케이션(application)들이 등장하고 있다. 특히 차량업계에서는 Vehicular ad hoc network (VANET) 환경에서 브로드캐스트 통신을 이용한 사고 방지 애플리케이션뿐만 아니라 멀티 홉 라우팅을 이용한 정보 애플리케이션에도 크게 주목하고 있다. 정보 애플리케이션은 목적지까지 주로 유니캐스트 통신을 이용한 멀티 홉 방식으로 패킷을 전달한다. 정보 애플리케이션의 대표적인 예로는 차량에 탑재된 센서를 이용하여 차량사고, 도로파손, 차량정체 등의 정보를 수집하여 도로 상에 드물게 분포되어 있는 Access Point(AP)에 멀티홉 라우팅으로 통하여 전달한 후, 최종적으로 도시교통정보 수집센터에 도달하는 방법이다[1].

VANET 환경에서의 라우팅은 일반적인 무선 애드 혹 라우팅과는 다음과 같은 차이가 있다. 첫 째로, Geographical Positioning System(GPS)를 이용하여 각 차량의 위치를 스스로 인지할 수 있으며 Location Server(LS)를 통하여 목적지 차량 또는 지점의 위치를 파악할 수 있다[2]. 이와 같이 VANET에서는 위치 정보를 이용한 위치정보 기반 라우팅(Location based routing; LBR)을 비교적 쉽게 수행할 수 있다[3]. 두 번째로, VANET에서 차량의 이동은 도로의 형태, 제한 속도, 교통량, 신호체계 등에 영향을 받으므로 차량 이동성은 랜덤하지 않고 도로의 제한을 따르게 된다. 그러므로 도로의 특성에 따라 라우팅이 달라지는데 고속도로에서는 1차원적 공간 라우팅을 수행하며 도시환경의 일반도로에서는 교차로를 이용한 라우팅을 수

행한다. 마지막으로 VANET 환경에서 차량 노드들의 이동 속도는 매우 빠르며 각 차량의 데이터 저장 공간이나 에너지 전력 측면에서는 큰 제한을 받지 않는다.

VANET 환경에서는 낮은 차량 밀도 분포 때문에 네트워크의 연결성이 끊어질 수도 있다. 이는 밤이나 새벽 시간대에 차량의 수가 적기 때문에 일어날 수도 있으며, 특히 VANET 기술이 널리 적용되기 이전에 네트워크 장비를 갖춘 차량의 수가 적을 경우 발생할 수 있다. 이와 같이 연결성이 보장되지 않는 네트워크에서는 차량 노드가 직접 무선통신을 이용하여 패킷을 바로 전달할 수 없을 수도 있으므로, 차량은 패킷을 저장하고 다음 차량 노드를 만날 때까지 운반하여 전달하게 된다. 이와 같은 전달 방식을 store-and-carry forwarding이라 부르며, 연결성이 보장되지 않는 네트워크를 Delay Tolerant Network(DTN)[4]이라 한다. 본 고에서는 DTN 라우팅의 개념과 특히 VANET 환경을 고려한 DTN 라우팅에 대하여 자세히 설명한다.

본 고의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 관련 연구인 DTN 라우팅에 대해 설명하고, 제 3장에서는 VANET DTN 라우팅에 대한 자세한 내용을 기술하고, 제 4장에서는 결론을 맺는다.

2. DTN 관련 연구

2.1 DTN 라우팅

무선 통신의 발전으로 다양한 이기종의 무선 네트워크 기술이 등장하게 되었고 이런 이기종간의 네트워크간의 원활한 통신을 지원하기 위해 Delay/Disruption Tolerant Network(DTN)이란 개념이 등장하게 되었다. DTN 환경은 노드들의 불규칙적인 움직임으로 인해 높은 지연시간, 잦은 끊김 등의 특성을 지니기 때문에 종 단간 통신을 위한 라우팅의 개념이 새롭게 정의되어야 한다. 이런 DTN 라우팅은 크게 mobile resources(data mules and mobile agents) 등을 message ferries들로 활용하여 데이터 전송률을 높이는 Mobile

* 종신회원

† 이 논문은 2007년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-20154-0).

resource-based 기반의 방식, 두 노드가 접촉하지 못하는 경우에는 데이터를 계속 들고 이동하고, 두 노드가 접촉하는 기회가 있을 때에만 데이터를 전송하는 Opportunity-based 기반의 방식 및 노드들의 움직임을 예측하여 이를 기반으로 데이터 전송률을 높이는 Prediction-based 기반의 방식으로 나눌 수 있다.

반면, 차량 무선 네트워크 환경(Vehicular Ad-hoc Network : VANET)은 vehicle들의 고속 이동성이나 차량 간 밀도 변화로 인해 빈번한 링크 단절 및 네트워크 토폴로지 변화 등을 야기하기 때문에 DTN 환경과 유사한 특성을 갖는다. 따라서 DTN 환경에서 사용되는 라우팅 기법들을 차량 무선 네트워크 환경에서 그대로 사용할 수 있기 때문에 DTN 라우팅 기법들을 살펴보는 것이 중요하다.

2.2 Mobile resource-based

Mobile resources based 방식은 data mules와 mobile agents를 message ferries로써 활용하여 DTN 환경에서 데이터 전송률을 높이는 방식이다. Zhao는 Sparse한 Mobile ad hoc network 환경에서 Message Ferry(MF)를 이용하여 데이터를 전송하는 방식을 제안하였다[5]. 이런 MF 방식은 크게 Node가 시작하는 Node-initiated MF 방식과 Ferry가 시작하는 Ferry-initiated MF 방식으로 나눌 수 있다. Node-initiated MF 방식은 ferry는 이미 정해진 경로로 움직이며 node는 이런 ferry를 만나기 위해 proactive하게 움직이며 데이터를 효율적으로 전송하는 방식이다. 반면, Ferry-initiated MF 방식은 ferry들이 노드들을 만나기 위해 proactive하게 움직여서 데이터를 효율적으로 전송하는 방식이다. 이런 mobile resources를 활용하면 그 만큼 오버헤드가 있지만 데이터 전송률을 높일 수 있기 때문에 DTN 라우팅 방식의 한 부류로 활용되고 있다.

2.3 Opportunity-based

Opportunity-based 방식은 노드들이 스케줄링 없이 불규칙하게 움직이기 때문에 접촉이 있을 기회를 가졌을 때에만 데이터를 전송하여 전송률을 높이는 부류이다. Vahdat은 DTN 환경에서 노드들이 자유롭게 움직이다가 만나는 모든 노드들에게 해당 메시지가 없으면 무조건 전송해주는 기존의 flooding 라우팅과 유사한 방식인 Epidemic Routing 방식을 제안하였다[6]. 이 방식은 다른 DTN 라우팅 프로토콜에 비해서 maximum data delivery ratio를 가질 수 있지만, 메시지 오버헤드가 크다는 단점이 있다. Spyropoulos는 DTN 환경에서 효율적인 라우팅을 위해 Spray and Wait라는 프로토콜을 제안하였다[7]. 이 스킴에서 각 노드는

spray phase와 wait phase라는 두 개의 phase를 가지게 된다. Spray phase에서 각 노드는 다른 노드에게 한번에 전송할 수 있으면 L개의 메시지를 모두 뿌리게 된다. 반면, 각 노드가 해당 다른 노드를 만나지 못하면 그때까지 wait하는데 이를 Wait Phase라고 한다. 이런 Spray and Wait 라우팅은 크게 Source spray and Wait와 Binary Spray and Wait로 나눌 수 있다. Source spray and Wait는 각 노드가 L개의 message copies본들을 한번에 보낼 수 있을 때까지 기다렸다가 한번에 보내는 방식이며, Binary Spray and Wait는 각 노드가 자신이 가지고 있는 메시지의 반만 뿌리고 나머지 받은 유지하는 방식이다.

2.4 Prediction-based

Prediction-based 방식은 각 노드의 움직임이 불규칙하더라도 특정 지역 혹은 시간 동안은 Prior contact trajectory, Mobility MAP 등과 같은 규칙성을 발견할 수 있다는 가정 아래 이를 활용하여 데이터 전송률을 높이는 방식이다. Jeremie는 각 지역을 dimension으로 하는 좌표를 만들고 각 노드가 해당 지역에 방문하는 빈도수(frequency), 확률(prob.) 등을 고려하여 좌표계에 표시하여 이를 활용하는 prediction-based 기반의 연구를 제안하였다[8]. 결과, A 지역에 있는 소스 노드가 B 지역에 있는 목적지 노드에게 데이터를 전송하려면 이렇게 미리 작성된 prediction-based 기반의 좌표계의 정보를 바탕으로 relay 노드를 선택하여 데이터 전송률을 더 높일 수 있는 방식이다. Piorkowski는 특정 시간 동안 A 지역에서 B 지역으로 노드들의 움직임이 있으면 이를 mobility link가 존재한다고 가정하고, 해당되는 모든 지역을 고려하여 prediction-based 기반의 Mobility MAP을 만들어 이를 활용하는 방식을 제안하였다[9]. 결과, 각 노드는 소스에서 목적지로 데이터를 전송 시 이런 Mobility MAP을 바탕으로 mobility link가 제일 많은 지역을 거쳐서 delivery ratio가 높고, delay가 작은 path를 거치도록 한다. Yuan은 각 노드가 자신이 갈 수 있는 주변 지역을 모두 고려한 prob. matrix를 prediction-based 방식을 기반으로 만들고 이를 활용하는 스킴을 제안하였다. 이 스킴에서는 각 소스 노드가 relay 노드 선택 시 relay 노드와 목적지 노드 사이의 contract prob.를 고려할 때 좀 더 데이터 전송률을 높일 수 있는 relay node를 선택하여 성능을 높이는 스킴이다[10]. Liu09는 각 노드가 실제로 데이터를 전송하기 전에 Optimal Stopping rule을 이용하여 각 이웃 노드 별 delivery ratio를 미리 구해놓고, 실제로 데이터 전송 시 delivery ratio를 높

이는 relay node가 있을 때에만 forwarding을 하고 이득이 없을 때에는 carry하는 방식을 제안하였다[11]. 결과, 이 스킴은 다른 DTN라우팅 프로토콜보다 epidemic routing에 더 유사한 데이터 전송률을 보이고, 또한 각 메시지가 전송될 수 있는 hop과 TTL을 설정하기 때문에 네트워크 상에서 불필요한 메시지 양도 줄인다는 특성을 지닌다.

3. VANET DTN 라우팅

3.1 VANET DTN 라우팅

VANET 환경에서는 자동차의 빠른 이동성과 시간과 공간에 따른 자동차 트래픽의 동적 변화에 따라 자동차간의 복잡한 다중도약 데이터 전달이 요구된다. 특히 시간과 공간의 변화에 따른 트래픽의 동적 변화에 따라 잇따른 비연결 네트워크의 발생으로, 종단 간 연결을 보장하지 못한다. 따라서 기존의 Ad-hoc 네트워크에서 사용하던 종단 간 연결에 기반한 AODV 및 DSR 방식의 데이터 전송 기법은 자동차 네트워크에서는 사용할 수 없다.

하지만 자동차들의 빠른 이동성으로 이동하는 도중에 자동차간 간헐적으로 연결하는 기회를 가질 수 있다. 이에 따라 자동차들이 무선 통신 범위내에서 연결되어 있는 경우에는 최적의 시간지연을 발생시키는 경로를 따라 목적지까지 전송이 되고, 그 연결이 다시 끊어진 경우에는 자동차가 데이터를 간직하면서 이동하는 Carry-forward 방식의 데이터 전송 기법을 사용할 수 있다. 아래의 그림과 같이 소스에서 목적지까지 데이터를 전송하고자 할 경우 무선 네트워크 범위내에서는 포워딩을 하다가 그 연결이 끊어진 경우 중간 노드는 캐리어로서 데이터를 간직하게 된다. 이러한 Carry-forward 방식의 데이터 전송 기법은 동적인 자동차 트래픽을 가지는 네트워크에서 하나의 유효한 해결책이 될 수 있다.

대표적인 방법이 VADD, SADV, Delay-bounded routing, TBD, GeoDTN+NAV 등이 있다.

3.2 Vehicle Assisted Data Delivery(VADD)

[12]은 이동중인 자동차가 멀리 떨어진 한 지점으로 데이터를 전송하기 위하여, 가장 작은 패킷 전송 지연을 가지는 하나의 포워딩 경로를 선택 기법을 제

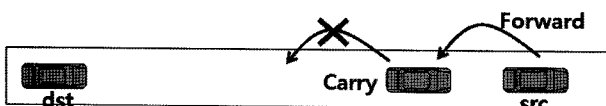


그림 6 Carry-forward 전송 기법

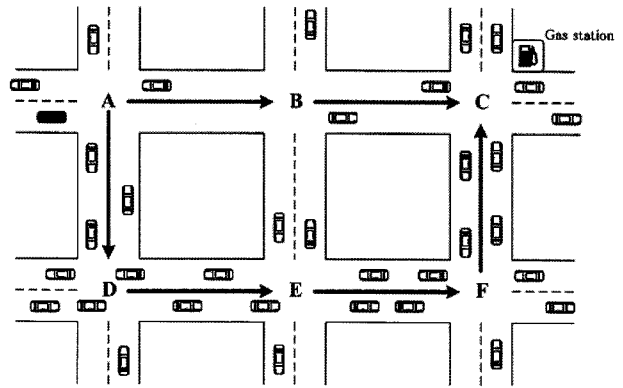


그림 2 주유소로 하나의 경로 찾기

안하였다. 각각의 자동차는 최소 지연 경로를 선택하기 위하여 미리 전자지도를 가지고 있으며, 현재 자신의 위치 및 목적지 그리고 자동차 트래픽 상태를 알고 있다고 가정한다.

기존의 지리 정보에 기반한 GPSR과 같은 라우팅 기법은 희박한 연결성을 가지는 자동차 네트워크에서 부적절하다. 예를 들면 그림 2와 같이 운전자가 교차로 A에 접근중이고 교차로 C에 있는 주유소에 기름의 가격이 얼마인지 요구하는 메시지를 보내길 원한다고 생각해보자. 이때 교차로 A-D-E-F-B를 경유하여 메시지를 전송하는 것이 교차로 A-B를 경유하는 경로보다 더 빨리 메시지를 보낼 수 있을 것이다. 지리적으로 A-B가 짧은 경로이지만, 네트워크의 비 연결로 인해 자동차들이 메시지를 Carry 해야 하는 구간이 길어짐에 따라 메시지 전송 시간이 더 늦어지게 된다.

따라서 VADD의 동작 원리는 가능한 무선 통신에 의한 데이터 전송 횟수를 늘이고, 연결이 끊어진 구간에서 패킷을 Carry해야 한다면, 더 높은 속도를 가지는 길이 선택 되도록 한다. 또한 미리 계산된 최적의 경로를 따라 이동하는 패킷이 성공적으로 전달되는 것을 보장할 수 없기 때문에, 동적 경로 선택을 연속적으로 수행한다. 위의 동작 원리에 따라 VADD는 아래와 같은 3가지의 패킷 전송 모드를 가지고, 패킷 캐리어는 최고의 패킷 전달 경로를 선택한다.

- 교차로 모드(Intersection Mode): 교차로 모드는 자동차가 선택할 수 있는 노드 및 경로가 다양하다. 따라서 예측된 최적의 경로에 가장 가까운 노드를 선택하는 Location First VADD(L-VADD) 방법을 사용할 수 있다. 하지만 전달 루프에 빠질 수 있어 시간지연이 발생할 수 있다. 이와는 달리 예측된 최적의 경로로 향하는 자동차로 패킷을 전달하는 Direction First VADD(D-VADD) 방법

을 사용할 수 있다. 그리고 최적의 경로로 패킷을 전송할 수 있는 기회를 늘리기 위해 패킷 캐리어는 패킷을 최적의 캐리어가 아닌 노드에게 전송 후에도 버퍼에 패킷을 남겨둔 후, 최적의 경로로 향하는 노드를 만날 경우 넘겨주는 Multi-path D-VADD(MD-VADD) 방법을 사용할 수 있다. 마지막으로 위의 방법 중에서 L-VADD에 기본으로 사용하다 동적으로 D-VADD/MD-VADD로 스위칭하는 Hybrid VADD(H-VADD)를 사용할 수 있다.

- 직선도로 모드(StraightWay Mode): 직선도로 모드에서는 앞으로 다가올 교차로를 목적지로 하여 지리적 정보에 기반한 전달기법을 사용한다. 다만 앞으로 만나게 되는 교차로를 경유한 시간지연보다 다시 이전 교차로를 이용한 패킷 전송이 더 빠를 경우에는 이전교차로 방향으로 이동하는 자동차를 이용하여 이전 교차로로 돌아가게 된다.
- 목적지 모드(Destination Mode): 목적지 인근에 도착한 패킷은 목적지로 브로드 캐스트 된다.

3.3 Static Node Assisted Data Dissemination(SADV)

자동차들의 밀집도가 낮은 경우 교차로에서 최적의 경로로 향하는 자동차를 만나지 못할 경우가 빈번히 발생 할 수 있다. 이에 따라 패킷은 우회하여 목적지에 전달될 수 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 [13]는 교차로에 패킷을 버퍼할 수 있는 고정 노드를 배치하여 패킷을 목적지로 전달하는 방법을 제안하였다. VADD 방법과 같이 현재의 차량 트래픽과 디지털 지도를 이용하여 목적지까지 시간지연이 가장 적은 경로를 선택하게 된다. 교차로에서의 시간 지연에 따라 지리적으로 가장 짧은 경로를 선택할 것인지 아니면 우회경로를 선택할 것인지 결정하게 된다. 그림 3에서와 같이 임의의 자동차가 목적지로 패킷을 전송하고자 할 경우 최적의 경로를 따라 패킷이 전송이 될 수 있도록 노드 A는 고정노드에게 패킷을 전송하고 고정 노드는 패킷을 간직하고 있다가 북쪽으로 향하는 자동차인 노드 C를 만나면 전송한다.

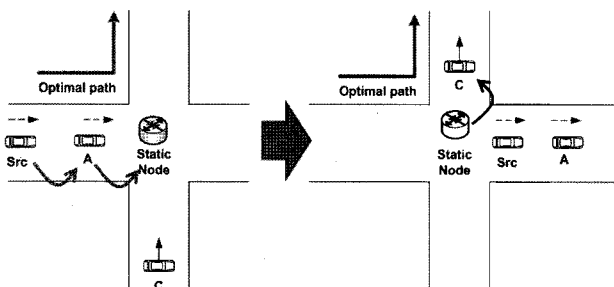


그림 3 고정노드를 경유한 패킷 전달 방법

3.4 Delay Bounded Routing(DBR)

DBR[1]은 carry-and-forward 방식으로 교통통계정보를 이용한다는 점에서 이전에 설명한 VADD와 유사하다. 그러나 DBR에서 추가적인 목표로 삼는 것은 무선 전송의 수를 최소화하면서 제한된 전달 지연(Bounded delivery delay) 조건을 만족시켜야 한다는 점이다. 그러므로 각 메시지의 소스(source)는 전달 지연의 임계치(delay threshold)를 정한다. DBR이 사용되는 대표적인 적용 예는 차량에 탑재된 센서가 차량사고를 감지하여 지정된 AP에 멀티 홉 방식으로 제한된 지연 안에 정보를 전달하는 것이다. 이러한 AP들의 전송범위는 도시 전체 영역을 포함하지 못하며, 일부의 영역에서만 송수신이 가능하다(그림 4).

DBR은 두 가지의 라우팅 알고리즘을 제안한다. 첫째 Delay-bounded Greedy Forwarding(D-Greedy)에서는 차량의 속도와 같은 지역적 정보만을 이용하는 방식이다. D-Greedy 방식에서는 AP까지 거리가 가장 짧은 라우팅 경로를 선택한다. D-Greedy에서는 전역 교통 정보가 없기 때문에 각 도로의 길이와 주어진 전체 전달 지연에 따라, 도로마다 지연 예산(delay budget)을 할당한다. 만일 한 도로에서 지연 예산이 초과되지 않으면 store-and-carry 방식을 사용하고, 아니면 직접 전송하는 방식을 사용한다. 두 번째 Delay-bounded Min-Cost Forwarding(D-MinCost)에서는 통계적 교통 정보, 즉 모든 도로상의 차량 속도와 밀도와 같은 전역 정보를 이용하여 라우팅하는 방식이다. D-MinCost에서는 통계적 전역 정보를 이용하여 Delay-constrained least-cost 문제를 푼다. 이와 같은 알고리즘들의 가장 큰 장점은 멀티 홉 전달과 carry-and-forward 방식을 오가면서 전달 지연과 전송비용 사이의 트레이드오프를 고려했다는 점이다.

3.5 Trajectory Based Data Forwarding(TBD)

TBD[14]는 VADD의 교통통계 정보와 store-and-

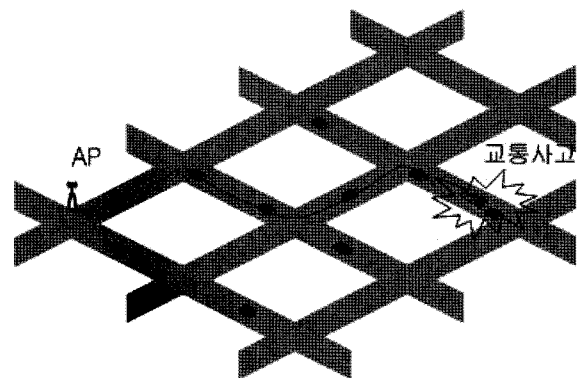


그림 4 DBR 애플리케이션 예

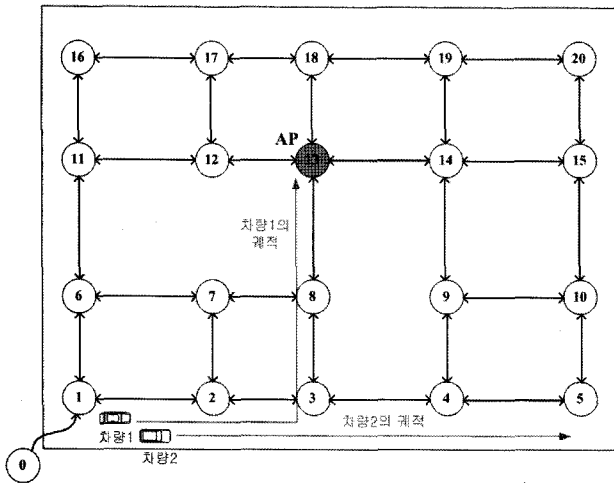


그림 5 TBD에서 데이터 전달을 위한 도로 네트워크

carry forwarding 방식을 이용하지만, 차량의 궤적 (trajectory) 정보를 라우팅에 적용하는 새로운 방식을 제안하고 있다. 먼저 TBD에서는 정확한 링크의 지연은 carry-and-forward 방식을 이용하여 한 도로에 메시지를 전달하는 시간으로 정의한다. 링크 지연은 분석적인 모델을 통하여 기존의 VADD에서 제안했던 링크 지연 계산식보다 비교적 정확한 결과를 도출한다. 이와 같은 도로의 링크 지연을 통한 확률적 계산을 통하여 네트워크 전체의 end-to-end(E2E) 지연 결과를 도출한다. 그림 5에서 0번 위치로부터 AP 13번 까지) 도달하는 E2E 지연은 각 도로의 지연, 즉 링크 지연의 합으로 계산될 수 있다.

TBD의 차량의 궤적정보를 이용한 라우팅에서는 전달 과정이 두 가지의 순환적인 단계를 거친다: (i) 현재 차량의 패킷 carry 과정, (ii) 패킷의 현재의 차량을 떠난 후의 과정. 차량의 밀도가 높지 않은 상황에서는 하나의 차량이 패킷을 들고 갈 수 있는 가능성이 높아지게 된다. 이와 같이 차량의 궤적을 라우팅 정보에 포함하게 되면 더더욱 정확한 E2E 지연 계산을 할 수 있다. 그림 5에서 현재 패킷을 carry 하는 차량1의 궤적을 라우팅 계산에 포함하게 되면 단순히 링크 지연의 합만으로 구하던 방식보다 정확한 E2E 지연을 도출할 수 있다.

3.6 GeoDTN+NAV

GPSR과 같이 지리적 정보에 기반한 라우팅 기법은 VANET 환경에 적합할 수 있지만, 토폴로지의 빠른 변화에 따라 패킷을 가지고 있는 자신보다 더 가까운 노드를 발견하지 못하는 'local maximum'에 빠지는 경우가 자주 발생하게 되고 이에 따라 패킷 전송 지연이 발생한다. [15]는 지리적 정보에 기반한 라우팅 기

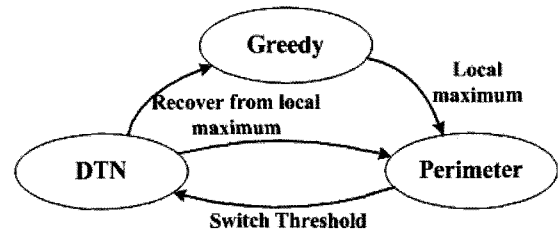


그림 6 greedy, perimeter 및 DTN모드간의 전환

법에 DTN에서의 캐리 기법을 적용하여 그림 6과 같은 라우팅 기법을 사용하였다. 패킷은 처음 greedy 모드에서 목적지로 전송이 되다가 local maximum에 도달하게 되면 perimeter모드에서 동작을 하게 된다. 만약 perimeter모드에서 노드는 네트워크 연결이 끊어졌다고 판단이 될 경우 DTN모드에서 패킷을 전달하게 된다. 이때 perimeter모드에서 이동한 홉 카운터가 특정한 임계값보다 큰 경우 네트워크는 연결이 끊어졌다고 판단한다.

[15]에서는 DTN모드에서 동작시 패킷 캐리어를 자동차의 이동경로 패턴에 따라 분류하고 목적지로 가장 가까이 이동하는 자동차에게 패킷을 전달한다. 자동차의 목적지 및 경로의 신뢰도에 따라 아래와 같이 분류한다.

- 고정된 경로: 버스, 셔틀
- 고정된 목적지: 택시
- 확률적인 경로/목적지: 네비게이션 시스템에 의해 안내되는 자동차
- 미확인: 임의 이동

그림 7에서와 같이 버스의 경우에는 고정된 경로를 따라 이동하기 때문에 이동경로에 100%의 신뢰도를 가지고 이동을 하며, 택시의 경우에는 이동 경로를 정해지지 않았으나 목적지까지 도달하기 때문에 목적지에 대한 100%의 신뢰도를 가지고 있다. 그러나

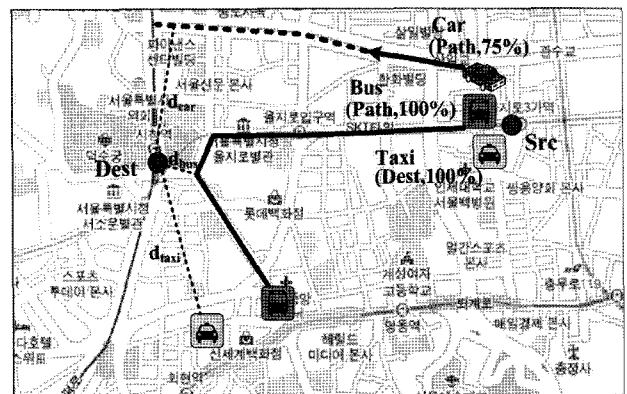


그림 7 자동차의 이동 패턴에 따른 분류

일반 자동차의 경우에는 네비게이션 시스템에 의해 안내가 되기 때문에 어느 정도 경로와 목적지를 예상할 수 있으나 도로 상황이나 운전자의 습관에 따라 변동이 될 수 있기 때문에 이동경로에 대한 신뢰가 다소 떨어질 수 있다. 그림 7에서는 Src에서 Dest까지 패킷을 전송하고자 할 때, DTN모드로 전환시 캐리어 노드를 선택하는 상황을 보여주고 있다. 이때 Src는 목적지로 가장 가까이 확실하게 도착할 수 있는 버스를 선택하게 된다.

4. 결론

최근 ITS 기술의 급격한 발전과 함께 차량 이동망에서의 멀티 홉 전송을 통한 정보 애플리케이션이 크게 주목 받고 있다. 본 고에서는 이와 같은 정보 애플리케이션을 구현할 수 있는 기술인 VANET 환경에서의 DTN Routing에 대하여 설명하였다.

참고문헌

- [1] A. Skordylis, N. Trigoni, "Delay-bounded routing in vehicular ad hoc networks," In Proc. ACM Mobihoc'08, Hong Kong SAR, China.
- [2] Zhu, Y. Zhu, M. Li, L. M. Ni, "HERO: Online real-time vehicle tracking in Shanghai," In Proc. IEEE Infocom'08, Phoenix, Arizona.
- [3] C. Lochert, M. Mauve, H. Fuessler, and H. Hartenstein, "Geographic routing in city scenarios," ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Commun. Rev., vol. 9, no. 1, pp. 69-72, 2005
- [4] J. Burgess, B. Gallagher, D. Jensen, B.N. Levine, "MaxProp: Routing for vehicle-based disruption-tolerant networks," In Proc. IEEE Infocom'06, Barcelona, Spain.
- [5] W. Zhao, M. Ammar and E. Zegura, "A message ferrying approach for data delivery in sparse mobile ad hoc networks", ACM Mobihoc'04.
- [6] A. Vahdat and D. Becker, "Epidemic Routing for Partially-Connected Ad Hoc Networks", Technical Report CS-200006, Duke University, April 2000.
- [7] T. Spyropoulos, K. Psounis and C. Raghavendra, "Spray and Wait: An Efficient Routing Scheme for Intermittently Connected Mobile Networks", ACM Sigcomm'05.
- [8] L. Jeremie, F. Timur, C. Vania, "Evaluating Mobility Pattern Space Routing", IEEE Infocom'06.
- [9] M. Piorowski, "Mobility-Centric Geocasting For Mobile Partitioned Networks", IEEE ICNP'08.
- [10] Q. Yuan, I. Cardei and J. Wu, "PER (Predict and Relay) An Efficient Routing in Disruption-Tolerant Networks", ACM Mobihoc'09.
- [11] C. Liu and J. Wu, "Optimal Probabilistic Forwarding Protocol in DTN", ACM Mobihoc'09.
- [12] J. Zhao and G. Cao, "VADD: Vehicle-Assisted Data Delivery in Vehicular Ad Hoc Networks," The 25th Conference on Computer Communications (IEEE INFOCOM '06), April 2006.
- [13] Y. Ding, C. Wang and L. Xiao, "A Static-Node Assisted Adaptive Routing Protocol in Vehicular Networks," in 4th ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (VANET), 2007.
- [14] J. Jeong, S. Guo, Y. Gu, T. He, and D. Du, "TBD: Trajectory-Based Data Forwarding for Light-Traffic Vehicular Networks", IEEE ICDCS'09, Montreal, Quebec, Canada, June 2009.
- [15] P-C. Cheng, J-T. Weng, L-C. Tung, K. C. Lee, M. Gerla, J. Haerri, "GeoDTN+Nav: A Hybrid Geographic and DTN Routing with Navigation Assistance in Urban Vehicular Network," MobiQuitous/ISVCS 2008, Trinity College Dublin, Ireland, July. 2008.



유 준

1997 KAIST 기계공학과(공학사)
 2009 서울대학교 공과대학 전기·컴퓨터공학부
 (공학박사)
 2009~현재 서울시립대학교 컴퓨터과학부 연구
 교수
 관심분야: 무선 애드혹망, 무선랜

E-mail : joon@popeye.snu.ac.kr



황재룡

2002 해군사관학교 이학사
 2006 서울대학교 공과대학 전기·컴퓨터공학부
 (공학석사)
 2007~현재 서울대학교 공과대학 전기·컴퓨터
 공학부(공학박사) 재학
 관심분야: 무선 센서네트워크, VANET

E-mail : jrhwang@popeye.snu.ac.kr



오하영

1998~2002 덕성여자대학교 전산학(학사)
 2001~2004 신한금융지주회사
 2004~2006 이화여자대학교 컴퓨터공학부(석사)
 2006~현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 박
 사과정
 관심분야: 무선랜, 애드혹망, 센서 네트워크, 보

안 및 이동성

E-mail : hyoh@popeye.snu.ac.kr



김종권

1981 서울대학교 산업공학과(공학사)
 1982 미국 조지아 공과대학교 산업공학과(공학
 석사)
 1987 미국 일리노이 대학교 전산학과(공학박사)
 1984~1987 IBM 산호세 연구소 연구조원
 1987~1991 미국 Belcore 통신연구소 연구원

1991~현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 교수
 관심분야: 차세대 인터넷, 초고속 라우터, 이동통신

E-mail : ckim@popeye.snu.ac.kr