

# 차량간 Ad hoc 네트워크에서 트래픽 잼 정보의 전달 방법

## Dissemination of Traffic-Jam Information in inter-vehicle ad-hoc networks

장형준\*, 박귀태\*\*

Hyeong-Jun, Chang Gwi-Tae Park

**Abstract** - In an Intelligent Transport System(ITS), data dissemination based on inter-vehicle communication is effective for acquiring real-time traffic-jam information. In this paper, we propose a novel method for traffic jam information dissemination in vehicular ad-hoc networks. In our proposed method, vehicles already trapped in a Traffic-Jam elect leaders according to their locations from upstream and downstream respectively. Then each leader generates traffic data which contains their position, velocity and leader counter respectively, and disseminate the information. The implementation of our proposed method is evaluated by means of simulation, and we also present simulation result

**Key Words** : Inter-vehicle communication, ad-hoc network, traffic jam, dissemination, ITS

### 1. 개요

세계의 많은 나라들은 교통에 관한 여러 가지 문제로 고민하고 있다. 오래전부터 이 문제를 해결하기 위해서 다양한 해법들을 강구하고 있는데, 방법은 크게 2가지로 나뉠 수가 있다. Centralized approach 와 decentralized approach이다.

실제로 Centralized approach는 많은 나라에서 시도되었는데 다시 말하면 인프라를 이용한 교통 문제 해결 방식이다. 이러한 방식은 Roadside에 AP, Camera, Sensors 등의 장비를 설치해서 Traffic Information을 수집하고, 중앙 서버를 통해서 처리한 후, 다시 각 vehicles에게 유용한 정보를 제공한다. 그러나 이런 방법의 경우 실제 교통 정보를 vehicles에 제공할 때까지의 time gap 이 발생을 하며, 인프라를 구축하는데 드는 비용이 크기 때문에 제한된 지역에서만 서비스가 가능하다는 단점이 있다.[2]

이러한 문제를 해결하기 위해서 나온 Decentralized approach의 경우에는 추가적인 infrastructure없이 차량에 IVC Embedded H/W를 탑재하여 Traffic information을 수집하고 inter-vehicle communication을 통해서 그 정보를 다른 차량과 신속히 공유하게 된다. [1][3][4][5][6] 따라서 기존의 Centralized approach의 단점이었던 인프라 구축 비용의 문제를 해결 할 수 있고, 중앙서버를 거치지 않고 차량간 통신을 이용해서 교통 정보를 얻을 수 있기 때문에 time gap 을 줄일 수 있다.

여러 교통 문제중 하나인 Traffic Jam은 교통사고, 진입로, 교차로 등의 geometry한 환경 요인에 의해서 발생할 뿐만 아니라, 운전자의 반응속도, 차량의 상태 등과 같은 요인에 의해서도 발생하기 때문에 쉽게 예측이 어렵다. 이러한 Traffic Jam의 발생 자체를 막는 방법이 최선이지만, 도시화된 현재 상황에서 직접적인 해결 방법인 도로확대 및 증설은 현실적으로 불가능하다.

따라서 전체 traffic flow의 관점에서 Traffic Jam이 발생하는 경우에 뒤쪽에 유입되는 차량으로 하여금 현재 Traffic Jam발생 여부를 알려주는 것은 물론, Traffic Jam의 변화추이에 대한 정보를 제공함으로써 유입 혹은 회피에 대한 판단기준을 마련하는 것이 필요하다.

### 2. Related Work

최근에 inter-vehicle communication을 이용한 traffic information dissemination 방법은 많이 논의 되어 왔다.

[1]에서는 전체 지역을 정해진 Zone으로 분할하고 차량이 해당 zone에 들어오고 나가는 시간, 속도를 계산하여 저장하고 other vehicle과의 통신을 통하여 이 정보를 update하는 방법으로 traffic jam을 전달했다. 하지만, 2개 zone에 대한 값만 dissemination 하기 때문에 sparse 한 경우에는 information 이 drop되는 경우가 많이 발생

위 [1]번의 문제를 해결하기 위해서 Regular routes를 갖는 Buses를 이용해서 이런 약점을 극복하려고 했으나[2], Bus가 다니지 않는 지역에서는 1번의 문제를 그대로 가지고 있고, Traffic Jam 이 발생하면 Bus또한 고립되는 문제점을 가지고 있다.

또 다른 방법으로 그룹을 만들어서 해결하는 방식이 있는데[3] 이 경우에는 user의 request에 대해서 좀더 fresh

저자 소개

\* 張 亨 濟 : 高麗大學校 電氣·電子工學科 博士課程

\*\* 朴 貴 泰 : 高麗大學校 電氣·電子工學科 教授·工博

data를 얻을 확률을 높이기 위해서 Group을 나누고 Group간에 dissemination 방법에 대해서 얘기하였다. 하지만, 주기적으로 Grouping하는 시간이 많이 소모되고, 일반적인 Dissemination 방법에 대해서만 기술되었다.

[4]의 경우에는 jam fronts를 detect 하고 jam 해제를 예상할 수 있는 알고리즘이 기술되었다. 하지만, 이 경우에는 jam 상황에 처했을 때만 기술되어있고, 회피할 수 있는 방법은 기술되지 않았다.

전송범위를 조절하는 방법은 segment-based data abstraction & dissemination method가 proposed되었다[5]. 이때 provoke라는 방법을 이용하여 density에 따라서 Transmission range를 조절하여 channel congestion을 피한다. 하지만 역시 마찬가지로 traffic-jam이 발생한 경우 이를 회피하는 방법은 기술되지 않았다.

또 다른 제안으로는 high node density일 때 transmission power를 조정함으로써 communication range를 control 할 수 있게 하여 broadcast의 문제를 해결하는 방법이 있다[7]

앞의 전송범위를 조절하는 방법이 VANET환경에 적절치 않다는 판단으로 전송주기를 조절하는 방법이 제안되었다[6]. 이 방법은 1-channel paradigm에서 dissemination방법에 대해서 기술하였다. Current traffic speed에 따라서 Transmission interval을 조정하여 broadcast하는 방법으로 congestion을 해결하는 방법이다.

이러한 기존의 방법은 명확한 application 을 설정하지 않고, 기본적인 traffic information 에 대한 dissemination에 대해서 기술하는데 그쳤고, Broadcast의 문제를 해결하기 위해서 Transmission power 혹은 transmission interval을 조정함으로써 단순히 해결하는데 그쳤다.

하지만 전체적인 Traffic Flow 관점에서 보면, Traffic-Jam상황은 그 상황에 처한 vehicles보다는 그 이후에 오는 vehicle에게 좀더 attractive한 정보를 제공함으로써, 이 상황을 회피 혹은 기다림으로써 전체적인 Traffic-flow를 원활하게 할 필요가 있다.

따라서, 본 논문에서는 Traffic-Jam 상황 발생시에 이 Jam의 duration을 계속적으로 Monitoring 하여 Jam상황이 악화되는지 약화되는지, 또한 down stream 까지의 시간이 얼마나 되는지 알려주어, 뒤쪽에 Jam으로 진입하는 차량으로 하여금 회피 or 진입할 수 있도록 하는 알고리즘을 제공한다.

### 3. 제안한 알고리즘

#### 1.1 교통-흐름 이론

교통-흐름에 관한 이론은 다음의 3가지 주요 항목들의 관계로 표현된다 : 차량 밀집도, 흐름 그리고 속도. 여기서 흐름  $q$ 는 단위 시간당 특정 구역을 지나가는 차량의 대수로 측정하고, 밀집도  $k$ 는 단위공간에 차량의 대수를 표현하며, 속도  $u$ 는 단위시간당 차량이 움직인 거리를 나타낸다. 이 3가지의 항목들의 단위는 보통 vehicles per hour per lane (veh/h/lane), vehicles per kilometer per lane (veh/km/lane), kilometers per hour(km/h)로 각각 표시한다. 이 세 가지 항목은 다음의 관계를 갖는다.[8]

$$q = u \times k \quad (1)$$

여러 이론들이 (1)의 변수들에 대한 관계를 정의하려 시도했지만, 하나의 이론으로는 교통흐름을 적절히 표현할 수 없었다. 따라서 앞서 정의한  $q$ ,  $u$ ,  $k$  간의 관계에 대한 기초적인 설명이 필요하다.

#### 1.2 속도-밀집도 관계

Car-following models[9]은 속도-밀집도 간의 관계에 대해서 정의하였다. 이 모델은 1차선의 밀집된 교통상태에서 적용되었고, 추월은 허용되지 않다고 제한하였다. 이 논문에서는 또한 각각의 운전자의 반응속도가 다르다는 것 또한 모델에 적용시켰다.

Car-following model 은 운전자가 차량간의 간격을 유지한다고 가정하였고, 이 모델의 결과는 다음의 속도-밀집도의 관계식으로 표현되었다.

$$u = \lambda \left( \frac{1}{k} - \frac{1}{k_{jam}} \right) \quad (2)$$

여기서  $\lambda$  는 차량간의 상호작용을 나타내고,  $K_{jam}$ 은 트래픽 잼에서 차량 밀집도의 최대값을 나타낸다.

#### 1.3 Road Traffic 기본 이론

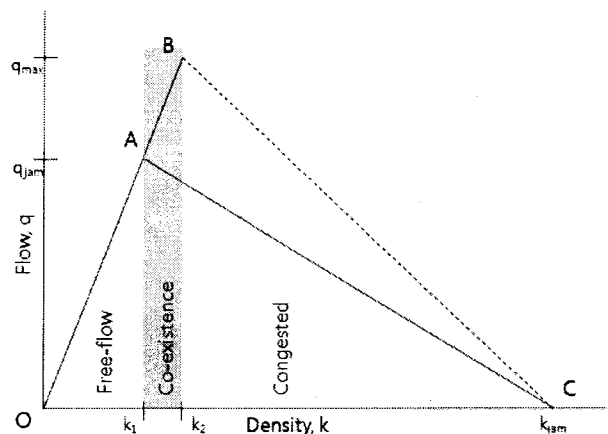


그림 1. Fundamental diagram of road traffic[7]

그림1에서는 road traffic의 그래프를 통해서 flow-density의 관계를 보여주고 있다. 전형적인  $q-k$  관계는 그림1의 실선을 따라 움직인다. 이 그림에서 도로에 차가 없을때의 교통흐름은 0가 된다는 것을 볼 수 있고, 밀집도가 최대값인  $K_{jam}$ 에서는 교통흐름이 완벽히 트래픽잼 상태임을 볼 수 있다. 그림1의 모양에서 보면 알 수 있듯이  $q-k$  관계는 2가지가 있음을 알 수 있다. 자유-흐름상태에서는 밀집도가 낮기 때문에 차량간의 상호작용은 거의 일어나지 않는다. 결과적으로 차량들은 자유-흐름 속도  $u_f$ 로 운행을 할 수가 있다. 이 값은 그래프의 왼쪽 상승지점의 기울기로 구할 수가 있다.  $u_f = q/k$

밀집도가  $k_2$ 를 넘어가면, 교통흐름은 혼잡해지기 시작하고 트래픽잼에 의해서 지연되게 된다. 이 혼잡흐름에서의  $q-k$ 관계는 그림1의 오른쪽 빗변인 A-C에 의해 표현된다. 그래프

에서 보면 알다시피 교통흐름은 상호공존 상태도 가지고 있다. 밀집도가  $k_1$ 과  $k_2$  사이일 때 운전자는 차량간의 간격이 좁다고 느낄 것이고  $k_2$ 의 밀집도일 때 최대치의 흐름  $q_{max}$ 에 도달할 것이다. 이 구역에서는 차량이 제 속도를 내지 못하고 등락을 거듭하게 된다.

밀집도가  $k_1$  보다 높을 때, 속도는 식(2)에서 밀집도의 함수로 표현할 수 있다. 식(1)에 식(2)를 대입하고, 낮은 밀집도일 때를 포함하면,  $q-k$  관계식은 그림1의 삼각형 O-A-C로 표현된다. [8]

$$q = m[u_f k, q_{jam} (1 - \frac{k}{k_{jam}})] \quad (3)$$

이때  $q_{jam} = q(k_1) \approx \lambda$

#### 1.4 통신 모델

VANET에서 연결성은 보통 그래프로 표현된다. 그래프는  $G=(V,E)$ 로 표현되며, 유클리드 평면에서 노드의 집합  $V \subset R^2$  과 에지의 집합  $E \subset V^2$  으로 구성되어 있다. 노드는 차량을 표현하고, 에지는 차량간의 통신링크를 표현한다.

모든 차량은 무선 통신 모듈을 탑재하고 있다고 가정하며, 차량들은 자신의 무선 전송범위를 0부터 최대치까지 조절할 수 있다고 가정한다. 최대 파워 레벨은 모든 차량이 같다고 가정한다. 만약 차량  $v_i$ 와  $v_j$ 간의 유클리드 거리가 그들 사이의 최소 전송 범위보다 작거나 같다면 에지  $(v_i, v_j)$ 는 존재한다고 할 수 있다.

$$E = (v_i, v_j) \in V^2 | |x_i - x_j| \leq \min(r_i, r_j) \quad (4)$$

이 식에서 차량간의 통신은 거리에 의해서 좌우됨을 알 수 있으며 거리는 차량의 밀집도에 크게 영향을 받게 된다는 사실은 유추할 수 있다.

#### 1.5 동적 리더 선출

트래픽-젬은 앞서 이야기했다시피 생성과 소멸의 원인이 여러 가지이고, 예측이 쉽지 않다. 따라서 트래픽-젬이 발생한 경우 이를 즉각적으로 주변에 알림으로써 유입되는 차량으로 하여금 현재 상황을 알림과 동시에 회피할 수 있는 정보를 전달하는 것이 최선책이다. 본 논문에서는 트래픽-젬 상황에 처한 노드 중 upstream leader와 downstream leader를 선출하고, 선출된 leader는 트래픽-젬의 발생사실을 주변 노드에게 알리는 알고리즘을 제안한다. 또한 트래픽-젬의 상황에 따라 leader들은 leader count를 발생하여 유입되는 차량으로 하여금 트래픽-젬의 변화 추이를 알 수 있도록 한다.

Algorithm 1 Dissemination of Traffic-Jam Information

Input flow

```

1: function D(flow)
2: if D(flow) > TJthreshold then           ▷ free-flow
3: TR <- maximum
4: else                                     ▷ congested
5: elect(D_L)                             ▷ elect 1st leader
6: broadcast(D_L_hello,DL_count)          ▷ broadcast

```

```

7: TR <- minimum                           ▷ transmissstion range
8: elect(U_L)                              ▷ elect 2nd leader
9: broadcast(U_L_hello, UL_count)          ▷ broadcast
10: end if
11: end function

```

### 5. Conclusion

본 논문에서는 차량 운행중에 주변 노드의 밀집도를 통해서 트래픽-젬의 발생여부를 판단하고, 트래픽-젬이 발생한 경우 즉각적으로 트래픽-젬의 상,하류에서 2개의 리더를 선출하여 트래픽-젬의 상태를 유입되는 노드에게 전달하는 알고리즘을 제안하였다. 이때 토폴로지의 변화를 예측하기 쉽지 않기에 주기적으로 리더를 선출하는 알고리즘보다는 리더의 현재 상태가 free-flow로 변경되는 시점에서 새로운 리더에게 역할을 넘겨주는 방식을 채택하였다. 이 경우 리더가 바뀔때마다 리더카운트가 증가 하게 되고, 상류와 하류의 리더가 생성하는 리더카운트 값을 계산하여 트래픽-젬의 변화 추이를 예측할 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] Shibata, Naoki., "A Method for Sharing Traffic Jam Information using Inter-Vehicle Communication," Mobile and Ubiquitous Systems. vol., no., pp.1-7, July 2006
- [2] Kitani, T., "Efficient VANET-Based Traffic Information Sharing using Buses on Regular Routes," VTC Spring 2008. IEEE , vol., no., pp.3031-3036, 11-14 May 2008
- [3] Sago, H., "A Data Dissemination Method for Information Sharing Based on Inter-Vehicle Communication," AINAW '07. vol.2, no., pp.743-748, 21-23 May 2007
- [4] S. Martin., "Autonomous Detection and Anticipation of Jam Fronts from Messages Propagated by Intervehicle Communication", Transportation research record, vol., no., pp.3-12, NOV 2007
- [5] Wischhof, L., "Information dissemination in self-organizing intervehicle networks," Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on , vol.6, no.1, pp. 90-101, March 2005
- [6] Huaying Xu., "An adaptive dissemination mechanism for inter-vehicle communication-based decentralized traffic information systems," ITSC '06. IEEE , vol., no., pp.1207-1213, 17-20 Sept. 2006
- [7] Artimy, M., "Local Density Estimation and Dynamic Transmission-Range Assignment in Vehicular Ad Hoc Networks," Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on , vol.8, no.3, pp.400-412, Sept. 2007