
차량 네트워크 환경에서 도로 기반 시설을 이용한 클러스터 헤드 선택 알고리즘

권혁준* · 권영호* · 이병호*

*한양대학교

Clustering Algorithm with using Road Side Unit(RSU) for Cluster Head(CH) Selection in VANET

Hyuk-joon Kwon* · Yong-ho Kwon* · Byung-ho Rhee**

*Hanyang University

E-mail : kwon199@hanyang.ac.kr

요 약

차량은 빠르게 변하는 속도와 도로의 상황에 따라 속도가 변하는 특성을 가지고 있기 때문에 이들 간의 통신을 위한 네트워크 구성도 빠르게 변한다. 이러한 특성 때문에 차량 네트워크 (Vehicular Ad-hoc Network: VANET)에서 신뢰성 있는 라우팅을 적용하는 것이 쉽지 않다. VANET 환경에서 신뢰성 있는 라우팅을 적용하기 위한 방법에 하나로 클러스터링 기법이 있다. 클러스터링이란 클러스터 헤드(Cluster Head : CH)를 중심으로 차량들을 그룹으로 묶어 통신 및 관리하는 것이다. 따라서 클러스터 내의 어떤 노드(차량)를 클러스터 헤드로 선택하는가에 따라 해당 클러스터링의 오버헤드 감소와 네트워크의 안정성 및 효율성이 좌우된다. 본 논문은 기존의 클러스터링 알고리즘들과 달리 도로 기반 시설인 RSU(Road Side Unit)를 활용하는 클러스터 헤드 선택 알고리즘을 소개한다. RSU를 통한 노드들의 속도와 거리 계산 값으로 클러스터 헤드 우선순위를 결정함으로써 기존의 알고리즘들 보다 안정적이고 효율적인 클러스터링 알고리즘을 제안한다.

ABSTRACT

Network topology for communication between vehicles are quickly changing because vehicles have a special movement pattern, especially character which is quickly changed by velocity and situation of road. Because of these feature, it is not easy to apply reliable routing on VANET(Vehicular Ad-hoc Network). Clustering method is one of the alternatives which are suggested for overcoming weakness of routing algorithm. Clustering is the way to communicate and manage vehicles by binding them around cluster head. Therefore choosing certain cluster head among vehicles has a decisive effect on decreasing overhead in relevant clustering and determining stability and efficiency of the network. This paper introduces new cluster head selection algorithm using RSU(Road Side Unit) different from existing algorithms. We suggest a more stable and efficient algorithm which decides a priority of cluster head by calculating vehicles' velocity and distance through RSU than existing algorithms.

키워드

VANET, Clustering Algorithm, Cluster Head(CH), Road Side Unit(RSU)

1. 서 론

VANET(Vehicular Ad-hoc Network)이란, 차량과 차량 사이 혹은 차량과 도로 주변 시설과의 무선 통신 네트워크를 의미한다. VANET의 목적

은 빠른 속도의 데이터 전송과 통신 범위 내에서 발생하는 통신 지연(delay)을 최소화 하는 것이다. VANET 환경에서 현재 가장 활발히 연구가 진행되고 있는 분야 중 하나는 클러스터링 알고리즘에 관한 것이다. 클러스터링 기법은 같은 지역의

근접한 차량들을 클러스터 헤드를 중심으로 묶어 관리함으로써 해당 네트워크를 활성화 시키고 안정성을 확보하는 방법이다[1]. 이러한 클러스터의 안정성은 클러스터의 유지시간과 헤드가 교체될 때 발생하는 지연시간에 의해 판단된다[2]. 따라서 어떤 노드를 클러스터 헤드로 선택하는 지가 안정적인 클러스터 형성을 위해 가장 중요한 요소이다.

기존 대다수의 클러스터링 알고리즘들은 차량과 차량 사이의 통신(V2V)만을 이용하여 클러스터 헤드를 결정하고 있다. 이는 차량들 사이의 빈번한 통신을 요하기 때문에 효율적인 통신을 기대하기 힘들다. 또한 도로 주변에 고정된 기반 시설인 RSU(Road Side Unit)를 활용하여 차량들의 속도 정보를 이용한 RSU 주변 지정된 지역에서 클러스터 헤드를 선택 및 변경[3]하는 방법도 제시되었다. 하지만 차량 네트워크는 속도 변화량뿐만 아니라 교통상황에 따라 속도가 달라질 수 있으므로 해당 속도만으로 클러스터 헤드를 선정하는 것이 최적이라고 할 수 없고 또한 다른 RSU와의 연동 없이 한정된 구역[3]에서 클러스터 헤드를 선정하기 때문에 인접된 클러스터 간 통신을 고려하지 않았고 전체 네트워크의 안정성에 문제가 발생할 요소가 있다.

따라서 본 논문에서는 클러스터 헤드 선택 시 다른 RSU와의 연동을 고려하여 차량 간 속도 요소와 차량 거리에 가중치를 부여한 클러스터 헤드 우선순위(CHP : Cluster Head Priority)를 제안한다.

II. 제안 알고리즘

2.1 RSU를 활용한 클러스터링

VANET에서 RSU를 활용한 클러스터링은 중앙 집중적인 관리를 할 수 있다[4]. 범위 내의 모든 차량들의 정보를 RSU가 가지고 있기 때문이다. 또한 인접한 주변 RSU와의 연동을 통해 통신 범위를 확장하는 것이 가능해진다. 따라서 RSU의 활용은 VANET에서 효율적인 라우팅 방법을 제공하는데 효과적이다.

본 논문에서 RSU는 도로 위 1 ~ 1.5km 위치마다 설치되어 있고 고속도로의 도로 상황을 기반으로 한다. RSU는 그림 1과 같이 해당 영역에 있는 모든 차량들로부터 정보를 수신하여 기록 및 관리한다. 그 후 기록된 정보를 사용하여 가장 적합한 클러스터 헤드를 선정하는데 구체적인 알고리즘은 2.2절에서 자세히 설명한다. 클러스터 헤드가 선정되면 헤드를 중심으로 클러스터가 형성된다. RSU는 헤드에게 전달해야 하는 정보를 제공하고 헤드를 통해 다른 노드들은 정보를 수신하게 된다. 따라서 노드들끼리의 빈번한 통신으로 인한 오버헤드는 발생하지 않는다. 고속도로 정체 상황과 같이 차량들이 한 지역에 몰려 있는

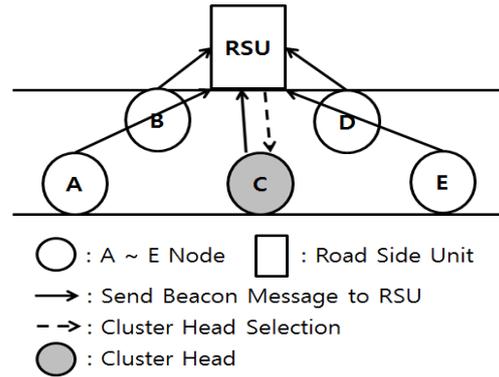


그림 1. RSU를 활용한 클러스터 헤드 선택

경우 RSU의 활용은 더 큰 효과를 거둘 수 있다. 또한 다음 RSU에게 클러스터의 정보를 전달하면 클러스터가 해당 지역을 벗어나도 여전히 RSU에 의해 관리될 수 있다. 이는 곧 한번 형성된 클러스터가 오랫동안 유지되는 것을 가능하게 한다.

2.2 클러스터 헤드 선택 알고리즘

제안하는 알고리즘은 차량의 상대 속도와 속도의 변화량 그리고 차량 간의 거리 이 세 가지 요소에 가중치를 부여하여 클러스터 헤드를 선택하기 위한 우선순위(CHP)를 결정한다.

먼저 RSU는 자신의 범위 안에 있는 모든 차량(node)들에게 HELLO 메시지를 전송하여 응답을 요청한다. 이를 수신한 차량들은 현재 자신의 정보(차량 id, 위치, 속도)를 비콘 메시지(Beacon message)에 담아 RSU에게 전송한다. RSU는 이 정보를 테이블에 기록하여 관리한다.

다음으로 RSU는 차량들로부터 수신한 정보를 이용하여 각 차량마다 다른 차량들과의 상대속도 ($\vec{V}_{ij} = \vec{V}_j - \vec{V}_i$)의 평균값 V_{ave} 을 계산하여 기록한다. 다른 차량들과의 상대속도 차가 작을수록 해당 노드는 다른 차량들과의 연결성이 좋기 때문에 클러스터 헤드로서 역할을 수행하기에 적합하다.

$$V_{ave} = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^N |\vec{V}_i - \vec{V}_j|}{N} \quad (1)$$

수식 (1)의 N 은 클러스터 내의 모든 노드의 수를 의미하고 i 와 j 는 각각 클러스터 내의 다른 노드들을 의미한다.

V_{ave} 값을 계산하여 기록한 후에 각 차량마다 다른 차량들과의 거리의 평균값 D_{ave} 를 계산하여야 한다. 클러스터 헤드가 주변 차량들에게 둘러싸여 중심에 위치할수록 해당 클러스터가 안정적이게 된다[2]. 따라서 다른 차량과의 거리는 안정

적인 클러스터 형성을 위한 헤드를 선택하는데 중요한 요소가 되어야 한다.

$$D_{ave} = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^N \sqrt{(|X_i - X_j|^2 + |Y_i - Y_j|^2)}}{N} \quad (2)$$

수식 (2)는 대상이 되는 두 차량의 위치를 좌표 (X_i, Y_i) , (X_j, Y_j) 로 나타내어 두 차량 사이의 거리를 계산하는 식이다.

마지막 요소는 속도의 변화량 ΔV 이다. 일정시간(t)이 지난 후 RSU는 노드들에게 비콘 메시지를 다시 요청한다. 비콘 메시지를 다시 수신하면 테이블에 기록되어 있는 기존의 속도에 수신 받은 정보를 이용하여 속도 변화량을 기록한다. 속도가 갑작스럽게 증가하거나 감소하는 노드는 다른 노드와의 연결이 쉽지 않다. 즉 속도 변화량이 클수록 해당 노드는 클러스터 헤드로서 적합하지 못하다.

$$\Delta V = V_{t_1} - V_{t_0} \quad (3)$$

수식 (3)은 일정시간(t) 이후의 속도 변화량을 계산하는 식이다.

위의 세 가지 요소인 ΔV , D_{ave} , V_{ave} 값을 기록한 후에 위의 요소들에 가중치(W)를 부여하여 클러스터 헤드 우선순위(CHP : Cluster Head Priority) 값을 계산한다.

$$CHP = W_1 * \Delta V + W_2 * V_{ave} + W_3 * D_{ave} \quad (4)$$

수식 (4)에 사용된 가중치(W) 값들의 합은 1을 따른다[5]. 본 논문에서는 CHP 값이 작을수록 클러스터 헤드가 되기에 적합한 노드로 선택한다. 따라서 CHP 값이 작은 노드부터 높은 우선순위를 부여한다. 테이블의 Rank 변수가 클러스터 헤드 선택의 우선순위를 저장한다. 그림 2는 지금까지 과정에 언급된 RSU의 테이블 항목들을 보여

변수	값
Node_id	차량 id
Location	위치
Velocity	속도
Cluster_id	클러스터 id
V_{ave}	상대속도의 평균값
D_{ave}	거리의 차 평균값
ΔV	속도의 변화량
CHP	Cluster Head Priority
Rank	CHP에 따른 우선순위

그림 2. RSU의 테이블을 구성하는 항목과 값

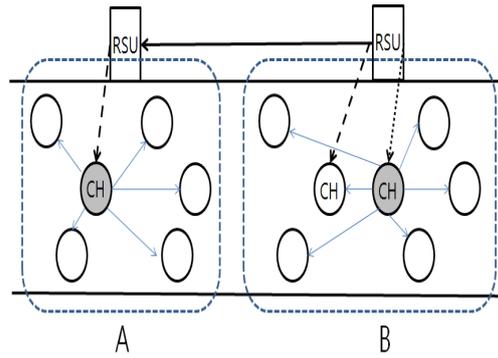


그림 3. 클러스터 형성과 클러스터 헤드 변경

준다.

일정시간(t)을 기준으로 RSU는 차량들로부터 주기적으로 비콘 메시지를 수신 받아 위의 정보들을 최신화하여야 한다. VANET의 특성상 차량들의 위치 및 속도가 빠르게 변하기 때문이다. RSU가 우선순위가 가장 높은 노드를 클러스터 헤드로 선정하면 헤드를 중심으로 클러스터가 형성된다. RSU는 클러스터 형성된 후에도 지속적으로 테이블의 정보를 최신 정보로 갱신하여 만약 다른 노드가 현재의 클러스터 헤드보다 높은 우선순위를 가지게 될 경우 클러스터 헤드를 교체해야 한다. 그림 3의 A와 B는 각각 RSU를 통해 클러스터 헤드가 선택된 후 클러스터가 형성되는 모습과 클러스터 헤드가 교체되는 상황을 보여준다. 또한 RSU는 자신의 범위를 벗어나게 되는 클러스터의 정보를 다음 RSU에게 인계하여 해당 클러스터가 유지, 관리되는 것을 가능하게 한다.

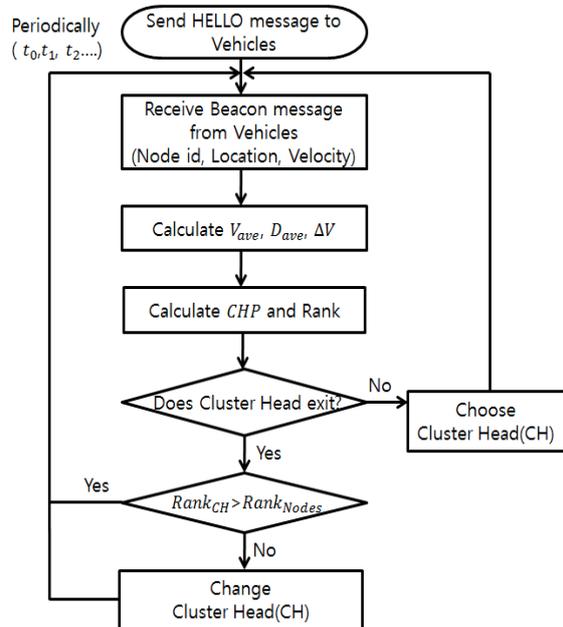


그림 4. 클러스터 헤드 선택 알고리즘의 순서도

그림 4는 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 순서도이다. RSU가 HELLO 메시지를 보내는 것부터 시작하여 수신 받은 비콘 메시지를 통해 클러스터 헤드 선택을 위한 3가지 요소들을 계산하고, 클러스터 헤드를 선정하는 전반적인 과정을 보여준다.

Algorithm for Mobile Ad hoc Networks", Journal of Cluster Computing, 2002

III. 결 론

본 논문에서 제안한 알고리즘은 RSU를 통해 클러스터 헤드 선택 우선순위(CHP)를 결정하는 것이었다. 기존 차량들 간의 통신만으로 결정된 클러스터 헤드는 모든 노드의 정보를 헤드 노드가 가지고 있기 때문에 오버헤드를 발생 시킨다. 또한 클러스터 헤드에 문제가 생겨 클러스터를 재구성하는 경우 통신의 단절과 지연이 일어난다. 하지만 RSU를 활용하게 되면 빠른 데이터 처리와 RSU를 통한 중앙 집중적인 관리가 가능하기 때문에 위의 문제들이 해결될 수 있다.

본 논문에서는 [3]에서 제시한 알고리즘의 한계를 극복하기 위해 차량 간 거리의 차를 고려한 후 차량의 상대속도와 속도 변화량과 함께 가중치를 부여했다. 이로써 차량 속도 요소만을 고려했을 때보다 적합한 클러스터 헤드를 선택할 수 있다. 또한 RSU의 연동을 통해 지역의 제한 없이 클러스터 헤드의 교체가 가능한 방법을 고안했다. 따라서 제시한 알고리즘을 통해 클러스터를 더 오랜 시간 유지할 수 있어 VANET 차량 간 효율적인 통신을 하기 위한 방안이 될 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Shenglei Xu, Baichuan Shen and Sangsun Lee, "A study of clustering algorithm VANET environment", IEEE International Conference on, pp.204-208, 2012
- [2] Ameer Ahmed Abbasia, Mohamed Youni, "A survey on clustering algorithms for wireless sensor networks", Computer Communications, Volume 30, Issues 14 - 15, pp.2826 - 2841, 2007
- [3] Lin Sun, Ying Wu, Jingdong Xu, Yuwei Xu, "An RSU-assisted Cluster Head Selection and Backup Protocol", IEEE 26th International Conference on, pp.581-587, 2012
- [4] Ranjeet Singh Tomar, Shekhar Verma, Geetam Singh Tomar, "Cluster Based RSU Centric Channel Access for VANETs", Lecture Notes in Computer Science Volume 7420, pp 150-171, 2013
- [5] Mainak Chatterjee, Sajal K. Das, Damla Turgut, "WCA : A weighted Clustering