



# 에너지가 제한된 RSU를 갖는 V2I 시스템에서 확률 기반의 데이터 전달 기법

서 봉 수\*

## Probability-Based Data Delivery Strategy for V2I Systems with Energy-Constrained RSUs

Bongsue Suh\*

### 요 약

V2I(Vehicle-to-Infrastructure) 시스템에서 데이터 전달 시간의 감소를 목표로 하는 기존의 데이터 전달 기법은 RSU(Road Side Unit)의 에너지 소비의 효율성을 고려하지 않았다. 본 논문에서는 에너지가 제한된 RSU를 가지는 V2I 시스템을 위한 개선된 데이터 전달 기법을 제안한다. 제안하는 기법에서는 통신 반경이 큰 RSU들에 대하여 데이터 전달 과정에 참여할 확률을 크게 설정하고 통신 반경이 작은 RSU들은 데이터 전달 과정에서 배제될 가능성이 크도록 하였으며, 결과적으로 전체 RSU들 간의 에너지 가용량의 균형을 유도하는 효과를 얻을 수 있도록 하였다. 수치적 분석을 통하여 데이터 전달 시간의 목표값의 충족과 RSU의 에너지 소모의 효율성 측면에서 제안하는 기법이 기존의 데이터 전달 기법들에 비하여 유리함을 확인하였다.

### Abstract

For V2I(Vehicle-to-Infrastructure) systems, the previous data delivery strategies to reduce data delivery time did not consider the efficiency of energy usage at RSUs (Road Side Units). In this paper, we propose a modified data delivery strategy for V2I systems with energy-constrained RSUs. According to the proposed strategy, RSUs with larger communication radius have the higher probability of participating in data delivery procedure and RSUs with lower communication radius are prone to be exempted from data delivery, which results in balancing energy capabilities at RSUs. A numerical analysis shows that the proposed strategy is more advantageous in the aspects of satisfaction of the desired data delivery time and the efficiency of RSUs' energy consumption, compared to the previous strategies.

### Keywords

vehicle-to-Infrastructure, road side unit, data delivery time, constrained energy

\* 공주대학교 정보통신공학부  
- ORCID: <https://orcid.org/0000-5687-3159>

• Received: Nov. 28, 2017, Revised: Jan. 15, 2018, Accepted: Jan. 18, 2018  
• Corresponding Author: Bongsue Suh  
Department of Inform. and Commun. Eng., Kongju National University,  
1223-24, Cheonan-daero, Seobuk-gu, Chonan-si, 31080 Korea.  
Tel.: +82-041-521-9200, Email: [bsuh@kongju.ac.kr](mailto:bsuh@kongju.ac.kr)

## I. 서 론

노변의 고정된 장치(RSU, Road Side Unit)와 도로 상을 주행하는 차량 노드를 통신 노드로 이용하는 VANET(Vehicular Ad Hoc Network) 시스템은 향후 차세대 ITS 등의 다양한 응용 서비스의 도입을 유도할 것으로 기대된다[1][2]. 특히 RSU와 차량 노드 간의 통신만이 가능하고 차량 노드끼리의 통신이 불가능한 V2I(Vehicle-to-Infrastructure) 시스템은 차량 간 통신까지 지원하는 V2V(Vehicle-to-Vehicle) 시스템에 비하여 그 구현 방법이 간단하여 우선적으로 출현할 것으로 기대된다.

교통 상황이나 차량 사고 등의 도로상의 관련 정보를 처리하는 VANET의 특성상 데이터의 교환과 배분은 가능한 신속하게 이루어져야 한다[2][3]. 이를 위한 해결 방법으로 단순히 RSU의 통신 반경을 증가시키는 것은 RSU에서의 에너지 소비 증가, 패킷 충돌의 확률 증가, 그리고 무선 채널의 낭비 등의 문제를 유발하므로 적절하지 않다[3]. 특히 RSU가 제한된 에너지를 이용하여 동작하는 경우 RSU의 통신 반경 증가는 이의 빠른 에너지 고갈로 이어져 네트워크의 성능 저하 등의 심각한 문제점이 발생할 수 있다.

V2I 시스템에서 데이터의 전달 시간의 감소를 위한 기존의 기법에서는 RSU 노드 간의 데이터 전달 시간의 감소를 목표로 하는 연구가 이루어졌다. 이동하는 여러 차량 노드 중에 목적지 RSU에 가장 먼저 도착할 것으로 예상되는 차량 노드를 데이터 전달 노드로 선택하는 기법[4], 그리고 RSU 영역을 지나가는 모든 차량 노드에게 일정 시간 동안 브로드캐스트하여 동시에 다수의 차량 노드들이 데이터 전달에 참여하도록 하는 기법[5] 등이 제안되었다.

한편, VANET에서의 차량 노드들은 안정적인 전원 공급원을 가지는 것이 일반적이지만 노변에 위치하는 RSU들은 많은 경우 자체적인 에너지 수집 장치에 의존하여 동작할 것으로 예상된다[6]. 이에 따라 RSU들의 에너지 소비의 효율성 향상을 위한 연구도 수행되었다[6]-[8]. 특히 에너지 제약 조건과 데이터 전달 시간의 목표값이 주어진 경우 이들을 동시에 고려한 데이터 전달 기법이 필요하다.

본 논문에서는 위와 같은 필요성에 의하여 제한

된 에너지를 이용하는 RSU들로 구성된 V2I 시스템에서 데이터 전달 시간의 목표값을 최대한 만족시키면서 동시에 RSU들의 에너지를 효율적으로 소모하는 데이터 전달 기법을 제안한다. 전체 논문의 구성으로, 본 서론에 이어 2장에서는 기존 연구의 요약과 문제점을 분석하며, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 기법을, 4장에서는 제안하는 기법의 성능 분석 및 비교 결과를 기술하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 기존 연구의 요약 및 분석

V2I 시스템에서 RSU 간의 데이터 전달 기법은 대부분 차량 노드들의 위치와 속도 등의 정보에 근거하여 전달 시간의 감소를 목적으로 제안되었다. 대표적으로 OVS-OBPM(Optimal Vehicle Selection-Opportunistic Bundle Forwarding Mechanism)[4]에서는 데이터가 발생한 RSU는 목적지 RSU에 가장 먼저 도착할 것으로 예측되는 차량 노드에게 데이터를 전달하고 이 차량 노드가 목적지 RSU의 영역까지 이동하여 데이터를 전달하는 기법을 제안하였다. 이 기법은 차량 노드들의 현재의 위치, 속도, 그리고 목적지 RSU까지의 거리 등의 정보를 이용하여 최적의 단일의 차량 노드를 선택하기 때문에 차량 노드들에 대한 상세한 정보를 실시간으로 수집하여야 하는 단점과 송신지 RSU와 목적지 RSU 사이에 다수의 RSU가 존재하는 경우 이들을 활용하지 못하는 제약사항이 있다.

이를 개선한 브로드캐스트 기반의 데이터 전달 기법[5]에서는 송신지 RSU와 목적지 RSU 사이에 존재하는 모든 RSU를 데이터 전달에 참여시켜 데이터 전달 시간을 크게 감소시킨 기법을 제안하였다. 이는 RSU 영역을 지나가는 모든 차량 노드에게 특정 시간 동안 데이터를 브로드캐스트하여 다수의 차량 노드가 동일한 데이터를 보유하도록 한다. 그리고 이웃 RSU는 이들 차량 노드 중 자신의 영역에 가장 먼저 진입하는 데이터 보유 차량 노드로부터 데이터를 수신하고, 즉시 브로드캐스트하여 자신의 영역 이내에서 모든 차량 노드가 동일한 데이터를 보유하도록 하는 기법이다. 이 기법은 데이터 전달 시간의 현저한 감소 효과가 있으나 송신 RSU와

목적 RSU 사이의 모든 RSU가 데이터 전달에 참여하는 단점이 존재한다.

위와 같이 기존의 데이터 전달 기법들은 데이터 전달 시간의 감소에만 목표를 두고 있다. 하지만 실제의 많은 VANET 시스템에서의 RSU는 그 특성상 에너지 수집 장치와 같은 독립적인 전원을 사용하는 경우가 대부분인 것으로 예상되며[6]-[8], 이러한 제한된 에너지원의 효과적인 사용을 고려하여 RSU의 통신 관련 동작 방법을 결정하여야 한다. 예를 들어, RSU의 동작을 SLEEP 모드와 ACTIVE 모드로 구분하고 차량의 밀도, 통신 반경, 그리고 차량 노드 간 멀티홉 통신 여부 등에 따른 에너지 소비량 감소 효과를 분석한 연구가 제시되었다[7][8].

데이터 전달 기법에 있어서도 제한된 에너지원을 효율적으로 사용하는 기법이 고려되어야 할 것이다. 이러한 측면에서 기존의 OSV-OBDM 기법[4]와 브로드캐스트 기법[5]은 RSU의 에너지 소비의 관점에서 서로 극단적인 접근 기법이라고 할 수 있다. 즉, OSV-OBDM 기법[4]은 송신 RSU에서 선택한 차량 노드가 목적지 RSU까지 진행하므로 경로상에 위치한 다른 RSU를 전혀 활용하지 않는다. 이에 따라 이들에서의 통신 관련 에너지 소비는 없으나 전달 시간 시간의 요구 조건을 만족시키지 못할 가능성이 있다. 반면, 브로드캐스트 기법[5]에서는 동일한 데이터를 가지는 다수의 차량 노드와 경로상의 모든 RSU를 데이터 전달에 참여시킴으로써 전달 시간을 최소화시키지만, 실제 전달 시간이 시스템에서 요구하는 목표값보다 작은 경우가 있을 수 있다. 이는 브로드캐스트로 인한 무선 자원의 낭비와 경로상의 RSU들의 과도한 참여로 인한 불필요한 에너지 소비를 의미한다.

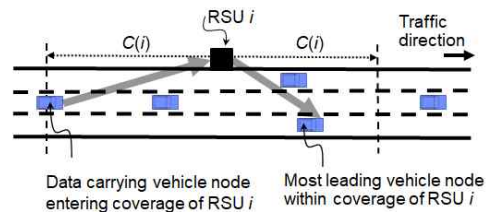
본 논문에서는 데이터 보유 차량 노드가 RSU 영역에 진입하는 경우 확률값에 근거하여 RSU의 데이터 전달 과정의 참여 여부를 결정하게 하는 기법을 제안한다. 이는 RSU의 제한된 에너지원을 효율적으로 사용하면서도 주어진 데이터 전달 시간의 조건을 최대한 만족시키는 기법이며, 기존의 두 극단적인 기법과의 성능 비교를 수행하여 이의 장점과 효과에 대해서 논하고자 한다.

### III. 제안하는 기법

본 논문 논문에서는 V2I 형태의 VANET 시스템을 고려하며 RSU들은 에너지 수집과 같은 기능을 가진 독립적인 전원을 사용하는 제한적인 에너지를 가지는 고정된 노드라고 가정한다. 이들 사이의 직접적인 통신은 불가능하여 지나가는 차량 노드를 전달 매개체로 이용하여 데이터를 교환한다. 또한, 자유공간 경로 손실 모델[9]에 따라 각 RSU의 통신 반경은 이들의 가용 에너지양의 제공근에 비례하여 설정된다고 가정한다.

데이터를 발생하는 송신 RSU는 이를 패킷화하여 자신의 통신 영역 이내에 존재하는 차량 노드 중에 가장 앞선 차량 노드로 전달한다. 가장 앞선 차량의 결정은 차량 노드들의 물리적 위치나 수신 신호의 전력에 기반한 방법 등으로 이루어질 수 있으며, 이와 관련한 자세한 방법은 본 논문에서 다루지 않는다. 만약 RSU가 데이터를 발생한 시점에 자신의 영역 이내에 존재하는 차량 노드가 없다면 차량 노드가 진입할 때까지 기다리며, 이후 진입하는 차량 노드로 데이터를 전달한다.

데이터를 보유한 차량 노드는 다음의 이웃 RSU 영역으로 진입하면 기본적으로 데이터를 RSU로 업링크 전송 여부를 아래에 설명하는 확률로 결정한다. 만약 업링크 전송의 수행을 결정한 경우에는 그림 1과 같이 데이터를 현재 방문한 RSU로 송신하며, 이를 수신한 RSU는 즉시 자신의 통신 영역 내에 위치한 차량 노드 중에 가장 앞에 위치한 차량 노드로 데이터를 전달한다. 이러한 과정을 데이터를 보유한 차량 노드가 새로운 RSU 영역 진입시 이루어지며, 최종적으로 데이터를 보유한 차량 노드가 목적지 RSU로 데이터를 업링크 전송하면 전체 전달 과정은 종료된다.



1. RSU가 데이터 전달 과정에 참여할 경우 데이터의 전달 경로

Fig. 1. Data delivery path for the case of an RSU's participation in data delivery procedure

본 논문에서는 목적지 RSU로 데이터가 전달되기 전에 데이터를 보유한 차량 노드가 임의의 RSU의 통신 영역 진입 시 방문 RSU로의 업링크 전송 여부는 아래와 같은 과정으로 이루어진다. 임의의 RSU  $i$ 의 위치와 통신 반경을 각각  $x(i)$ 와  $C(i)$ , 그리고 목적지 RSU의 번호를  $N$ 이라고 표기하기로 한다. 데이터를 보유한 차량 노드의 RSU  $i$  영역으로 진입 시간을  $t$ , 그리고 이때의 속도를  $v(t)$ 라고 하자. 이때, 시간  $t$ 의 시점을 기준으로 한 예상 데이터 전달 시간  $E_T(i,t)$ 는 데이터 보유 차량 노드가 속도  $v(t)$ 를 유지하면서 목적지 RSU의 통신 영역까지 데이터를 전달한다고 가정한 경우의 데이터 전달 시간으로 구할 수 있으며, 이는 식 (1)과 같이 표현될 수 있다.

$$E_T(i,t) = t + \frac{x(N) - C(N) - x(i) + C(i)}{v(t)} \quad (1)$$

만약 RSU  $i$  영역 진입 시 구한 식 (1)의 예상 전달 시간이 시스템이 요구하는 데이터 전달 시간의 목표값  $T_R$  보다 작은 경우는 RSU  $i$ 로의 데이터 업링크 전송과 전방 차량 노드로의 데이터 전송의 과정을 수행하지 않아도 목표값을 만족할 가능성이 높음을 의미한다. 따라서  $E_T(i,t) \leq T_R$ 이면 데이터 보유 차량 노드는 RSU  $i$ 로 데이터를 업링크 전송하지 않고 지속적으로 데이터를 보유한다. 반면에  $E_T(i,t) > T_R$ 인 경우는 RSU  $i$ 와 RSU  $N$  사이에 위치한 하나 이상의 RSU가 데이터 전달에 참여하여 전달 시간의 목표값을 만족하도록 하여야 함을 의미한다. 본 논문에서는  $E_T(i,t) > T_R$ 인 경우 RSU  $i$ 으로의 데이터 업링크 전송은 식 (2)에서 정의한 확률  $P(i)$ 로 실행하도록 한다.

$$P(i) = \min\left(1, \beta \frac{C(i)}{C_{MAX}}\right) \quad (2)$$

여기서  $C_{MAX}$ 는 RSU들이 가지는 통신 반경의 최댓값을 의미한다. 그리고,  $\beta$ 는 성능 보정 비례상수이며, 이는 차량 노드들의 밀도, 속도, RSU들의 가용 에너지 정도와 이에 따른 전달 시간의 목표값의

충족과 에너지 소비의 효율성 측면을 고려하여 최적의 값으로 설정한다.

식 (2)에서와 같이 통신 반경이 큰 RSU일수록 데이터 전달 과정에 참여할 가능성이 크게 하였으며, 결과적으로 제안하는 기법은 RSU의 에너지 사용과 전달시간 감소의 관점에서 아래와 같은 세 가지 장점을 가질 것으로 예상된다. 첫 번째, RSU의 가용 에너지양이 클수록, 즉 통신 반경이 클수록 이의 데이터 전달 과정에 참여할 확률을 증가시키며 큰 통신 반경으로 인하여 데이터 전달 과정 참여시 데이터 전달 시간을 더욱 현저하게 감소시킬 것으로 예상된다. 두 번째, 상대적으로 가용 에너지양이 적은, 즉 통신 반경이 작은 RSU들은 가능한 데이터 전달 과정에서 배제시킴으로써 이들의 에너지 소모를 방지하고, 나아가 이들의 에너지 고갈을 방지할 수 있다. 마지막으로, 가용 에너지양이 큰 RSU에서 데이터 전달 기능을 수행할 가능성이 크므로 시간이 지남에 따라 RSU들 간의 가용 에너지양의 편차가 감소하게 되는 효과가 발생하며, 결과적으로 차량의 밀도나 에너지 가용량 등의 시스템 환경의 변화에 따른 시스템 불안정성을 동적으로 해결할 수 있음을 의미한다.

한편, RSU에서의 에너지 사용과 함께 데이터 전달 시간의 시스템 요구 사항을 최대한 만족시키기 위하여 최적의  $\beta$ 값을 결정해야하며, 본 논문에서는 차량의 속도, 밀도, 그리고 RSU들의 통신 반경 등에 의하여 실험적으로 최적의 값을 구할 수 있음을 시뮬레이션을 통하여 확인하고자 한다.

#### IV. 성능 비교와 분석

본 논문에서 제안된 기법의 성능 분석을 위하여 추월이 가능한 3개의 차로로 구성된 단방향의 도로를 고려하며,  $N$  개의 RSU가  $D$  미터의 간격으로 배치되었으며 각각 독립적인 에너지원을 이용한다고 가정한다. 각각의 RSU는 차량의 이동 방향으로 1, 2, 3, ...,  $N$ 의 고유 번호가 순서대로 부여되어 있으며, 자신의 고유한 통신 반경  $C(i)$ 는 40에서 400 미터 사이의 값을 가지며, 이는 일차원 전파 모델[9]에 따라 자신의 가용 에너지양의 제공근에 비

레하도록 설정하였다. 가용 에너지는 이를 만족하는 값의 구간에서 임의의 값을 무작위로 배정하였다.

데이터는  $t=0$  시점에 RSU 1에서 발생하며 목적지는 RSU  $N$ 으로 설정하였다. 이후 본 논문에서 제안하는 기법과 더불어 OVS-OBRM 기법[4]과 브로드캐스트 기법[5]에 의한 데이터 전달을 컴퓨터 시뮬레이션으로 실시하여 데이터 전달 시간을 구하였다. 도로 상의 차량 발생과 더불어 차량의 최대 속도, 가속도, 감속도, 위치, 차선 변경 등의 데이터는 SUMO(Simulation of Urban Mobility) 시뮬레이터 [10]를 이용하여 획득하였다. 차량 최대 속도는 30 m/s, 가속도와 감속도는 동일하게  $0.6m/s^2$ 으로 하였으며, 이는 실제 도로상에서의 관측을 통한 차량 흐름의 분석 결과[11]를 반영한 값이다. 상이한 차량 발생 빈도와 다양한  $\beta$  값들에 대하여 각각 200 회의 데이터 전달을 실시하여 데이터 전달 시간을 구하고 이들의 평균값을 구함으로써 결과의 정확성을 향상시키고자 하였다. 또한, 같은 조건 하에서 OVS-OBRM 기법[4]과 브로드캐스트 기법[5]을 적용한 경우에 대한 데이터 전달 시간도 함께 구하였다.

위와 같은 수치 분석의 결과로 그림 2와 그림 3은 각각 시간당 2,000대와 12,000대의 차량이 지나가는 경우에 데이터 전달 시간의 목표값에 따른 데이터 전달 시간을 보여주고 있다. 결과적으로 OVS-OBRM 기법[4]과 브로드캐스트 기법[5]에서의 전달 시간은 데이터 전달 시간의 목표값과  $\beta$  값에 상관없이 일정한 값을 가짐을 확인할 수 있다. 반면, 본 논문에서 제안하는 기법을 적용한 경우 데이터 전달 시간의 목표값의 특정 구간에서 목표값을 충실히 달성하며, 목표값에 비례하여 선형적으로 증가하는 것을 보여주고 있다.

또한 성능 보정 비례상수  $\beta$ 가 증가할수록 데이터 전달 시간의 목표값을 충족시키는 구간이 증가함을 보여주고 있음을 확인할 수 있다. 다만 데이터 전달 시간의 목표값이 너무 작은 경우에는 차량 속도의 한계, RSU 간의 거리 등의 시스템 자체의 제약으로 인하여 목표값을 만족시킬 수 없으며, 이는 수치적 결과의 그림 상에서 브로드캐스트 기법[5]의 성능에 수렴하는 형태로 나타남을 확인할 수 있다. 또한 전달 시간의 목표값을 만족시키는 구간의 증

가를 위하여 단순히 큰  $\beta$  값을 설정할 경우 더 많은 수의 RSU가 데이터 전달 과정에 불필요하게 참여하며, 이는 RSU의 에너지 소비 측면에서는 불리해짐을 의미한다. 따라서 전달 시간의 목표값을 만족시키는 최소의  $\beta$  값을 부여함으로써 데이터 전달 시간 목표값의 만족과 RSU의 효율적인 에너지 소비의 목적을 동시에 달성할 수 있음을 확인할 수 있다.

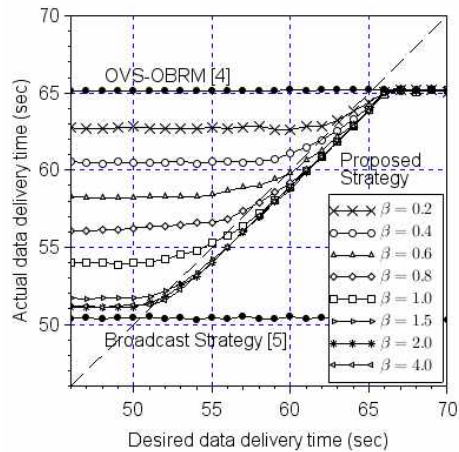


그림 2. 데이터 전달 시간 목표값에 따른 실제 데이터 전달 시간 (차량 밀도: 2,000대/시간)

Fig. 2. Actual data delivery time versus desired data delivery time (Traffic density : 2,000 vehicles/hour)

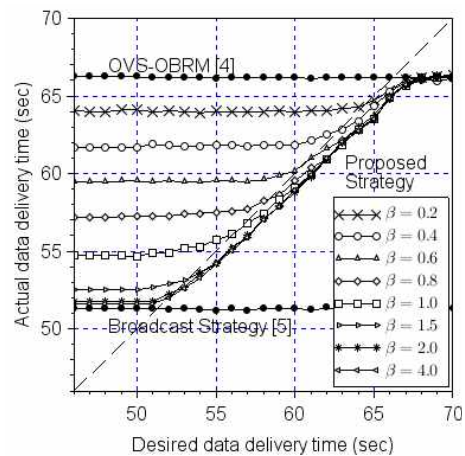


그림 3. 데이터 전달 시간 목표값에 따른 실제 데이터 전달 시간 (차량 밀도: 12,000대/시간)

Fig. 3. Actual data delivery time versus desired data delivery time (Traffic density : 12,000 vehicles/hour)

그림 2와 그림 3을 비교하면, 차량의 밀도가 증가할수록 데이터 전달 시간이 전반적으로 증가함을 확인할 수 있으며, 이는 차량 밀도가 높은 환경에서 차량 노드들의 전반적 속도 감소에 기인한다. 하지만 데이터 전달 시간의 목표값과  $\beta$  값의 변화에 따른 실제 전달 시간의 변화 양상은 두 경우 서로 유사함을 확인할 수 있다.

위와 같은 수치적 분석의 결과적으로, 제안하는 데이터 전달 기법의 적용 시 차량의 밀도와 데이터 전달 시간의 목표값 등의 시스템의 특성 변수에 따른 최적의 시스템 파라미터를 설정할 수 있음을 확인하였다. 또한, 제안하는 기법은 에너지 가용량이 큰 RSU들을 우선적으로 데이터 전달에 참여시킴으로써 RSU들 간의 전반적인 에너지 소비의 균형을 유도함을 예상할 수 있다.

## V. 결 론

RSU의 에너지가 제한적인 V2I 시스템의 기존 데이터 전달 기법은 RSU의 에너지 소모와 데이터 전달 시간 측면에서 적합하지 않다. 본 논문에서는 RSU들의 데이터 전달 과정으로의 참여할 확률을 이들의 통신 반경, 즉 가용 에너지양과 관련한 확률에 기반을 둔 데이터 전달 기법을 제안하였다. 수치적 분석을 통하여 제안하는 기법은 데이터 전달 시간의 목표값을 최대한 만족하면서 동시에 각 RSU에서의 에너지를 효율적으로 사용함을 확인하였다. 또한, 차량의 밀도, 속도, RSU의 가용 에너지 등의 변수에 따라 최적의 시스템 파라미터를 설정함으로써 최적의 결과를 도출할 수 있음을 확인하였다.

## References

- [1] Q. Wang, P. Fan, and K. B. Letaief, "On the joint V2I and V2V scheduling for cooperative VANETs with network coding", *IEEE Trans. Vehicular Technology*, Vol. 61, No. 1, pp. 62-73, Jan. 2012.
- [2] S. C. Kam and S. J. Seok, "A scheme of selecting a base station for V2I vehicle communications", *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 10, No. 2, pp. 70-78, Feb. 2012.
- [3] C. Guo, D. Li, G. Zhang, and Z. Cui, "Data delivery delay reduction for VANETs on bi-directional roadway", *IEEE Access*, Vol. 4, pp. 8514-8524, Dec. 2016.
- [4] M. J. Khabbaz, W. F. Fawaz, and C. M. Assi, "Which vehicle to select?", *IEEE Commun. Lett.*, Vol. 16, No. 6, pp. 812-815, Jun. 2012.
- [5] B. Suh and S. Berber, "Broadcast-based data delivery strategy for V2I multihop vehicular networks", *IET Elect. Lett.*, Vol. 50, No. 7, pp. 556-558, Mar. 2014.
- [6] R. Atallah, M. Khabbaz, and C. Assi, "Energy harvesting in vehicular networks: a contemporary survey", *IEEE Wireless Communications*, Vol. 23, No. 2, pp. 70-77, Apr. 2016.
- [7] W. S. Atoui, M. A. Salahuddin, W. Ajib, and M. Boukadoum, "Scheduling Energy Harvesting Roadside Units in Vehicular Ad Hoc Networks", *Proceedings of 2016 IEEE 84th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall)*, 2016.
- [8] T. Han, X. Liu, L. Wang, J. Wang, K. S. Kwak, and Q. Li, "Energy saving of base stations sleeping scheduling for multi-hop vehicular networks", *Proc. of 2016 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, May 2016.
- [9] W. B. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks", *IEEE Trans. Wireless Commun.*, Vol. 1, No 4, pp. 660-670, Oct. 2002.
- [10] SUMO - Simulation of Urban MObility, available at <http://sumo.dlr.de>, [Accessed: Nov. 25. 2017]
- [11] A. Mehar, S. Chandra, and S. Velmurugan, "Speed and acceleration characteristics of different types of vehicles on multi-lane highways", *European Transport*, Vol. 55, No. 1, pp. 1-12, Jan. 2013.

저자소개

서 봉 수 (Bongsue Suh)



1993년 2월 : 경북대학교

전자공학과(공학사)

1995년 2월 : 한국과학기술원 전기

및 전자공학과(공학석사)

1999년 8월 : 한국과학기술원

전기및전자공학과(공학박사)

1999년 7월 ~ 2004년 2월 :

한국전자통신연구원 선임연구원

2005년 9월 ~ 현재 : 공주대학교 교수

관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 무선 네트워크