

지능적 교통 시스템에서 차량 간 통신망 효과 분석

최옥영^o, 김석현, 정재성, 정 송

KAIST 전기 및 전자공학과

Evaluation of the Impact of Vehicle to Vehicle Networks in Intelligent Transportation System

Okyoung Choi^o, Seokhyun Kim, Jaeseong Jeong and Song Chong

Department of Electrical Engineering, KAIST

{okyoung,kimseokhyun,jsjung}@netsys.kaist.ac.kr, songchong@kaist.edu

요 약

교통량과 교통정보가 증가함에 따라 보다 정확하고 빠른 교통 정보에 대한 요구가 증가하고, 이러한 요구를 충족시키기 위해 ITS(Intelligent Transportation System) 구축 사업이 전 세계적으로 주목 받고 있다. 효율적인 ITS 망 구축을 위해서는 엄밀한 성능평가가 수반되어야 한다. 본 논문에서는 도시교통정보시스템(UTIS) 규격[1]을 정확히 반영하는 실제 도시 스케일의 시뮬레이터를 제작하여 망 성능을 분석한다. 시뮬레이터는 GloMoSim 기반의 802.11a 프로토콜을 이용하며 그 위에서 UTIS 프로토콜이 동작하도록 제작되었다. 더 나아가 ITS 망의 성능향상을 위해 차량 간 통신(V2V)를 이용하는 V2V 프로토콜을 제안하고 해당 프로토콜이 망 성능에 미치는 효과를 분석한다. 사실에 가까운 검증을 위하여 상하이에서 측정된 600 여대의 택시들의 GPS 정보와 샌프란시스코에서 측정된 400 여대의 택시들의 GPS 정보를 사용하였으며, 노변기지국의 위치 또한 실제 지도기반으로 제작하였다. 기존의 UTIS 망을 이용하였을 경우 30%~70%의 운행 정보 수집률을 보인 것에 반해 차량 간 통신을 사용하였을 경우 최대 50%~95%에 이르는 운행 정보 수집률을 보인다.

1. 서론

ITS (Intelligent Transportation System) 구축사업은 광역적 고품질 교통정보 수요 증가에 부응하고자 전 세계적으로 활발히 추진되고 있는 사업이다. 기존에 제공되는 교통정보는 일부 제한된 지역에 설치된 검지기 또는 CCTV 에서의 수집을 통해 생성되는데, 이는 교통정보 실시간성 및 정확성 측면에서 수요자들의 요구를 충족시킬 수 없다. 국내에 구축된 대표적인 ITS 인 도시교통정보시스템(UTIS)[1]은 무선 통신기술과 고성능 인프라통신시설을 활용하여 교통정보의 질적 향상을 통한 도로시설 이용효율을 높이는 것을 목표로 한다. 차량단말(OBE)과 노변기지국(RSE)으로 이루어지는 이동환경에서 차량단말은 자신이 위치한 도로의 운행정보를 수집하고 노변기지국의 반경으로 들어갔을 때 운행정보를 무선 전송한다. 중앙데이터센터는 노변기지국으로부터 운행정보를 전송 받아 교통정보를 서비스한다. UTIS 시스템은 현재 성남 등 11 개 도시에 구축되어 있고 [1] 계속해서 수원 등 여러 도시에 구축될 계획이다. 효율적인 ITS 망 구축을 위해서는 엄밀한 성능평가가 수반되어야 한다.

본 연구는 ITS 망의 성능을 평가하고 더 나아가 차량 간 통신(V2V)을 시스템에 도입하였을 때 발생하

는 이득을, 두 가지 도시 스케일의 대규모 트레이스를 이용하여 실험 및 분석하였다. 이를 위해 GloMoSim 시뮬레이터의 모듈을 이용하여 ITS 망 시뮬레이터를 구현하였다. 국내 ITS 망을 대표하는 UTIS 의 규격을 따라 802.11a MAC layer 위에 UTIS 프로토콜(UTIP)을 탑재하여 UTIS 구조와 동일한 환경을 구축하였다. 802.11 기반 차량 간 통신이 도입되었을 때, 차량단말들은 노변기지국을 만나야 운행정보를 전송하는 UTIS 규격에서 더 나아가 노변기지국을 만나지 않더라도 주변 차량단말들에게 운행정보를 전송하여 다중홉 라우팅을 통해 노변기지국으로 운행정보를 전송할 수 있다. 이를 위해 UTIP 를 개선한 UTIS 차량 간 통신 프로토콜을 제안하고 구현하여 실제 도시 스케일의 시뮬레이션을 하였다.

2. UTIS V2V 프로토콜

UTIS 시스템에서 차량 간 통신을 이용하기 위해서는 UTIS 규격에 알맞은 V2V 프로토콜이 필요하다. 우리는 알고리즘 1 과 같은 UTIS V2V 프로토콜을 설계하여 시뮬레이션에 사용하였다. UTIS V2V 프로토콜의 동작은 크게 차량단말이 다른 차량단말에게 자신의 정보를 전달하는 과정과, 다른 차량단말에게서 메시지를 받을 때에 받은 메시지를 처리하는 과정으로 구분된다.

다른 차량단말에게 자신의 정보를 전달하는 과정 (line 2~13)에서는 우선 주위의 다른 차량단말에게 자신의 위치를 알리는 beacon signal 을 보낸다(line 3). 그리고 자신이 ACK 을 기다리는 상태가 아니고 운행정보를 보낼 준비가 되어있는 상태라면(line 4), 현재 자신이 다른 차량단말에게 보낼 운행정보가 있는지 그리고 주위에 노변기지국이나 다른 차량단말이 있는지를 확인한 후(line 5), 주위의 노변기지국이나 자신보다 노변기지국에 운행정보를 전달할 확률이 높다고 판단되는 차량단말을 고른다(line 6). 고른 차량단말에게 자신의 운행정보를 보낸 뒤(line 7), ACK 을 기다리는 상태로 변한다(line 8,9). 반대로 ACK 을 기다리는 상태였다면, ACK 이 타임아웃 되었는지를 확인한 후, 타임아웃이 되었다면 다시 운행정보를 보낼 준비가 되어있는 상태가 된다(line 10~12). 이러한 과정은 일정한 시간을 주기로 반복적으로 수행된다(line 13). 다른 차량단말에게서 메시지를 받아 처리하는 과정(line 14~21)에서는 받은 메시지가 beacon 일 경우, beacon 을 송신한 노변기지국이나 차량단말을 자신이 운행정보를 전송할 수 있는 이웃으로 간주한다(line 15,16). 받은 메시지가 운행정보일 경우, 자신이 운행정보를 보관하는 저장소에 추가한다(line 17, 18). 그리고 받은 메시지가 ACK 일 경우, 자신이 전달한 운행정보가 제대로 도달했다고 판단하고 다시 운행정보를 보낼 준비가 되어있는 상태가 된다(line 20, 21).

알고리즘 1 UTIS V2V 프로토콜

```

1: Procedure OBE_operate(message)
2:   if message == RequestForSend
3:     broadcastBeacon()
4:     if OBE_State == ready
5:       If myPackets != null && neighborNodes != null
6:         bestNode = selectBestNode(neighborNodes)
7:         sendPackets(bestNode)
8:         If sending packets is successful, then this function
9:         calls bestNode's OBE_operate(ReceiveSignal)
10:        OBE_State = wait
11:        AckTimerStart()
12:    else if OBE_State == wait
13:      if AckTimer > TimeOut
14:        OBE_state = ready
15:        SetNextSendRequest()
16:        After waiting some time interval, this function calls
17:        OBE_operate(RequestForSend)
18:    if message == ReceiveSignal
19:      if receivedSignal == beacon
20:        addToMyNeighbors(beacon's sender)
21:      else if receivedSignal == packet
22:        addToMyPackets(packet's information)
23:        sendAck()
24:    else if receivedSignal == ACK
25:      OBE_state = ready

```

시뮬레이션에서는 line 6 에서의 자신보다 노변기지국에 운행정보를 빠르게 전달할 확률이 높은 차량

을 결정하는 알고리즘으로 GPSR[2] 를 사용하였다. 또한, 본 논문에서는 알고리즘 1 에서 패킷 전송과 패킷수신 함수를 두 가지 방법으로 구현하여, 차량 간 통신을 사용하되 하나의 패킷을 릴레이 차량에게 전달하는 것을 반복하여 목적지에 도달하게 하는 방법인 Single Copy[3] 방법과 차량 간 통신을 사용하되 중복된 패킷 생성을 허용하여 다수의 중복된 패킷을 효과적으로 퍼트리는 Binary Spray[3] 방법을 실험해 보았다.

3. 시뮬레이션

V2V 시뮬레이션을 위한 플랫폼은 GloMoSim 에서 제공하는 802.11a MAC layer 위에 앞서 설명한 UTIS V2V 프로토콜을 구현하였다. 신뢰성 있는 결과를 얻어내기 위하여 UTIS 표준 규격을 반영하였다. UTIS 하에서 차량단말은 노변기지국에게 전달하기 위한 운행정보를 생성해 내는데, 이 운행정보는 지정된 교차로를 지나거나 운행정보 생성을 하지 않고 100m 를 이동하거나 운행정보 생성을 하지 않고 30 초 동안 이동하였을 때에 생성된다. 이때 생성되는 해당 운행정보의 크기는 50byte 이다. 또한, 상하이와 샌프란시스코의 두 도시에서의 대규모 실제 트래이스를 사용하여 시뮬레이션의 현실성을 높였다. 시뮬레이션에 사용된 트래이스는 상하이 Jiaotong 대학의 Grid Computing Center[4] 에서 28 일간 약 4000 대의 택시의 GPS 정보를 수집한 결과와 Community Resource for Archiving Wireless Data At Dartmouth(CRAWDAD) [5]에서 약 500 대의 San Francisco 택시에 대해 25 일간 GPS 정보를 수집한 결과이다. 상하이 택시를 이용한 시뮬레이션의 경우, 4000 여대의 택시 중 GPS 정보 손실률이 35% 미만인 600 대의 택시를 선별하여 노변기지국이 10, 30, 50, 80, 120, 150 개인 경우에 대하여 각각 3 시간 동안의 시뮬레이션을 하였다. 그리고 샌프란시스코 택시를 이용한 시뮬레이션의 경우는 500 여대의 택시 중 GPS 정보 손실률이 50% 미만인 400 대의 택시를 선별하여 노변기지국이 30, 50, 70, 90 개인 경우에 대하여 각각 1 시간 동안 시뮬레이션을 하였다. 상하이와 샌프란시스코에서의 노변기지국의 배치는 지도를 참고하여 실제로 존재하는 주요 교차로에 배치하였다.

그림 1, 2 는 각각 상하이와 샌프란시스코 택시의 트래이스로 실험한 결과로, 운행정보가 생성된 후 15 분 이내에 노변기지국에 도착한 운행정보의 전체 생성된 운행정보에 대한 비율을 보여주는 그래프이다. 그림 1, 2 에서 UTIS 는 차량 간 통신을 사용하지 않았을 때의 결과이고 BS-HC 는 Binary Spray 를 의미하며 HC 뒤에 있는 숫자가 클수록 더 많은 중복 운행정보를 허용한다. UTIS 차량 간 통신을 사용한 경우와 그렇지 않은 경우를 비교했을 때, 노변기지국의 개수가 적을 때에는 최대 100% 정도의 운행정보 수집률의 증가를, 노변기지국의 개수가 많을 때에는 최대 20% 정도의 운행정보 수집률의 증가

를 가져옴을 알 수 있다. 또한, 노변기지국의 개수가 70 개가 넘어가게 되면, 차량 간 통신을 이용하지 않는 방법이 60~80% 정도의 운행정보 수집률에 그치는 반면에 BS-HC3의 경우 상하이와 샌프란시스코 모두에 대하여 95% 이상의 만족할 만한 수집률을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과들은 차량 간 통신을 이용한 UTIS 망 구축이 보다 많은 운행정보를 효과적으로 수집할 수 있다는 것을 입증해 준다.

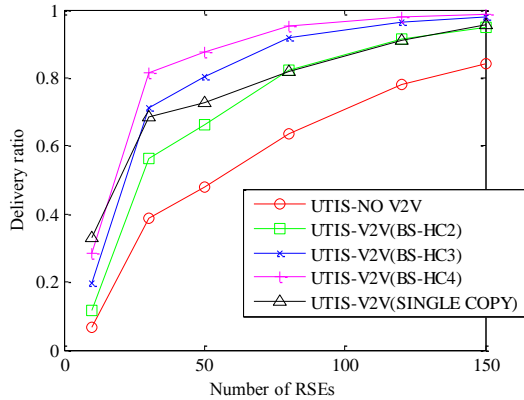


그림 1. 15 분 내에 전송된 운행정보의 수집률(상하이)

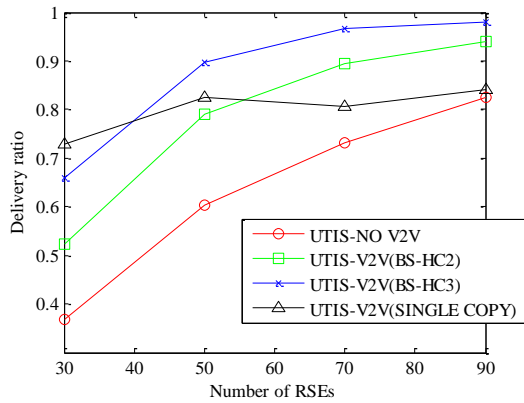


그림 2. 15 분 내에 전송된 운행정보의 수집률(샌프란시스코)

그림 3은 상하이택시로부터 수집된 운행정보의 수집 분포를 나타낸 것으로, 그림에 표시된 흰 색이 진해질수록 해당 지역에서 측정되어 전달된 운행정보량이 많아 실시간성이 증가함을 의미한다. 그림 3의 왼쪽 위의 그림인 차량 간 통신을 사용하지 않았을 때의 운행정보 수집분포에, 오른쪽 위의 그림인 차량 간 통신을 통한 추가적인 운행정보 수집이득을 더한 결과가 아래의 그림인 차량 간 통신 운행정보 수집분포 그림이다. 그림 3으로부터 UTIS 시스템에서 차량 간 통신을 이용하는 것은 단순히 운행정보의 수집률만 높일 수 있는 것이 아니라 보다 넓은 지역의 다양한 도로에서 운행정보 수집이득을 취할 수 있다는 사실을 확인할 수 있다.

일반 UTIS 운행정보 수집 분포

V2V 운행정보 수집 분포 이득

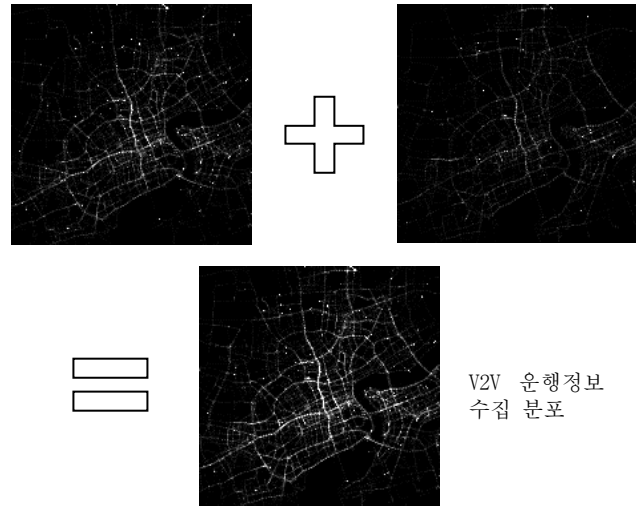


그림 3. 수집된 운행정보 분포(상하이)

4. 결론

본 논문은 도시교통정보시스템 하에서 차량 간 통신을 이용하였을 때의 운행정보 수집률의 이득을 알아보기 위하여, 표준 규격을 정확히 반영하는 대규모 스케일의 시뮬레이터를 만들어 측정과 분석을 해보았다. 실험의 결과, 차량 간 통신을 사용한 경우가 그렇지 않은 경우에 비해서 운행정보의 수집률이 최대 100%의 증가를 보이고 넓은 범위의 다양한 도로에서 생성된 운행정보를 수집하는 등의 큰 이득을 얻을 수 있는 것을 확인하였다. 앞으로 남겨진 과제는 구현된 UTIS V2V 시뮬레이터를 기반으로 ITS 망에서 차량 간 통신을 효율적으로 사용하여 운행정보 수집률을 더욱 높일 수 있는 방법을 개발하는 것이다.

5. ACKNOWLEDGEMENT

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2011-(C1090-1111-0004))

6. 참고 문헌

- [1]경찰청 중앙 교통 정보 센터, "Urban Traffic Information System" <http://www.utis.or.kr>.
- [2] H. T. K. Brad Karp, "GPSR : greedy perimeter stateless routing for wireless networks," in Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking, 2000.
- [3]Thrasylvoulos Spyropoulos, Konstantinos Psounis, Cauligi S. Raghavendra. Spray and wait: An Efficient Routing Scheme for Intermittently Connected Mobile Networks. SIGCOMM 2005
- [4]S. J. U. Traffic Information Grid Team, Grid Computing Center, "Shanghai taxi trace data," <http://wirelesslab.sjtu.edu.cn/>.
- [5]M. Piorkowski, N. Sarafijanovic-Djukic, and M. Grossglauser. CRAWDAD data set (v. 2009-02-24). <http://crawdad.cs.dartmouth.edu/epfl/mobility>, 2009.