

# 교통정보의 실시간 처리를 위한 UIS 설치 간격 산정

Estimating UIS spacing for real-time propagation of traffic information

김 형 수

(한국건설기술연구원, 첨단도로교통연구실,  
선임연구원)

신 치 현

(경기대학교, 첨단산업공학부, 교수)

Key Words : 교통 정보, 차량간 통신, Ubiquitous Infra Sensor, Ubiquitous Vehicle Sensor

## 목 차

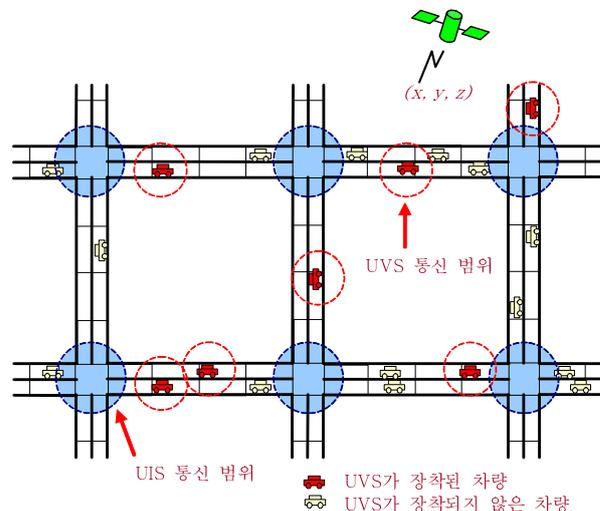
- I. 연구의 배경 및 목적
- II. VANET 기반 교통 정보 시스템
- III. 모의실험
- IV. 실험결과
- V. 결론

## I. 연구의 배경 및 목적

무선통신 기술의 발달은 교통 시스템에도 새로운 가능성을 제시하고 있다[1]. 첨단기술을 활용하여 교통문제를 해결하고자 하는 Intelligent Transportation Systems(ITSs)에 더 많은 가능성을 제시할 뿐만 아니라 언제 어디서나 센싱과 통신이 가능하여 다양한 서비스를 제공할 수 있는 유비쿼터스 통신 환경까지 현실로 다가오게 하고 있다[2, 3].

유비쿼터스와 관련된 연구 중 Ubiquitous Transportation Sensor Network(u-TSN)은 도로를 통행하는 차량과 도로시설이 상호 통신이 가능하게 하여 교통정보를 수집 및 전달할 수 있도록 한다. 이러한 u-TSN 환경은 교통 시스템을 첨단화하는 ITS의 범위를 넘어 사용자 중심의 서비스를 제공하므로 교통 서비스의 개념을 바꾸고 있다[4]. u-TSN 환경에서 정보이용자(차량)는 Ubiquitous Vehicle Sensor(UVS)를 이용하여 자신의 정보를 다른 이용자와 공유하고, 교통 시설의 주요 위치에 설치된 Ubiquitous Infra Sensor(UIS)를 통하여 지속적인 서비스를 제공받는다[5]. 이와 같은 u-TSN 환경을 위하여 UVS는 차량에 장착되어 차량이 주행중 얻어진 정보(예를 들어, 통행시간)를 전체 시스템을 관리하는 센터에 제공하고 자신이 필요한 정보를 제공받는다. 이 과정에서 UIS는 차량과 인프라와의 통신을 담당하여 지속적인 정보의 교환이 가능하도록 한다. 그림 1은 u-TSN 환경의 교통 시스템에서 UIS가 교차로

마다 설치되고 UVS를 장착한 차량들이 주행중인 예를 보여준다.



<그림 1> u-TSN 환경으로 운영되는 교통 시스템의 예

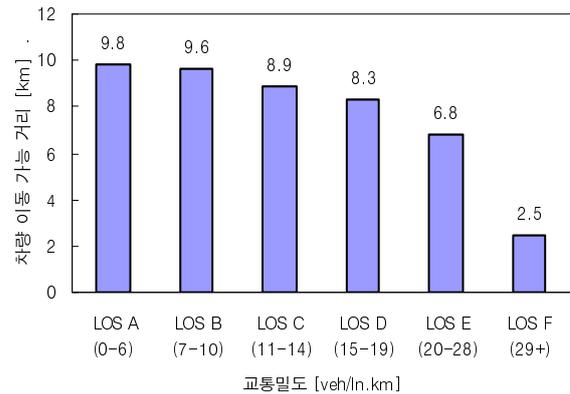
u-TSN 환경에서 UVS와 UIS간의 통신(vehicle to infra)과 UVS간의 통신(vehicle to vehicle)은 상호 통신 범위 안에 있을 때만 가능하다. 그림 1의 예에서는 UIS가 각 교차로에 위치한 것으로 표현하였지만, 목표로 하는 제공 서비스의 수준에 따라 UIS 간격은 더 좁거나 넓을 수 있다. 즉, 더욱 최근의 정보를 제공하기 위하여 간격은 좁아져야 할 것이다.

설치 간격에 대한 고민은 검지기의 설치 위치와 개수를 찾는 시도에서 관련 연구를 찾을 수 있다. Yang과

Zhou[6]는 시중점 매트릭스를 산정하기 위한 최적의 교통 검지기 위치를 선정하는 네가지 방법을 제시하였다. 그들의 연구에서 검지기 위치를 찾는 목적은 시중점 매트릭스를 작성하는 것이기 때문에 오차를 최소화하는 지점을 찾으려고 노력하였다. Thomas[7]는 검지기 위치와 교통 특성(교통량, 속도, 밀도 등)간의 관계를 정의하기 위하여 간선도로를 대상으로 컴퓨터 모의 실험을 실시하였다. 그는 검지기의 간격이 교통 특성을 대변하는데 중요하다는 결론을 얻었지만, 어떻게 간격을 결정해야하는 지에 대하여 구체적인 방법을 제시하지 못하였다. Yang 외 2명[8]도 루프 검지기의 설치 밀도 및 개수에 대한 연구에서 비슷한 결과를 얻었다. 즉, 시스템의 효율적인 운영을 위하여 개수 보다는 설치 개수가 중요하다고 결론 내렸다. 김영호와 이기학[9]은 대상구간의 속도 자료를 이용하여 검지기의 설치 간격을 결정하는 방법을 제시하였다. 그들은 연속류 도로에서 기하 구조 및 교통 특성을 조사하여 동질적인 구간을 나누어 검지기 설치 위치를 결정하였다. 이상의 교통 검지기 설치 위치에 관한 연구에서 보는 바와 같이, 검지기의 설치를 통하여 얻고자 하는 목적에 따라 적정 위치에 대한 결과는 바뀔 것이다. 즉, 검지기의 설치 목적이 기중점 매트릭스를 얻기 위함인 지, 전반적인 교통 흐름 관제인 지, 구체적인 교통 상황 파악인 지에 따라 설치 방법은 바뀔 것이다. 본 연구에서는 연속류 도로를 대상으로 u-TSN 환경에서 정보 이용자에게 지속적인 실시간 교통정보를 제공하기 위한 UIS 설치 간격을 산정하고자 한다. 교통정보의 지속성과 실시간을 확보하기 위하여, 정의된 실시간의 범위 안에서 정보 이용자가 UIS와 통신이 유지되도록 하였다. UIS의 통신 범위를 벗어났더라도 UVS에 의한 정보 전달이 가능하다면 계속 지속적인 실시간을 유지하는 것으로 간주하였다. 다양한 교통환경을 고려하기 위하여 도로의 서비스수준(Level Of Service; LOS), 단말기 장착률(Market Penetration Rate; MPR)등을 고려한 UIS의 설치 간격을 검토하였다. 본 연구의 결과는 향후 u-TSN 도입시 도로에 설치될 UIS 구축을 위한 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

## II. 지속적인 실시간 정보

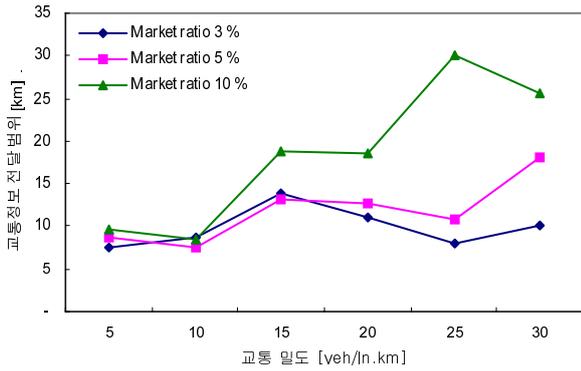
본 연구의 중요한 전제 조건은 u-TSN 환경에서 정보는 끊임이 없이 실시간으로 제공되어야 한다는 것이다. 신뢰성 있는 교통정보를 제공하기 위하여 자료의 실시간성 기준을 수집 후 5분까지의 자료로 정의하였고, 5분 이상 30분 이하의 자료는 이력자료로 사용한다고 가정하였다. 즉, 실시간을 유지하기 위하여, 정보 이용자(UVS가 장착된 차량)는 UIS의 통신 범위 밖에 있는 시간이 5분 이내이어야 한다. 그림 2는 차량이 5분 동안 이동 가능한 거리를 각 교통 상황에 맞추어 나열하였다. 그림 2는 설계속도 120 km/h인 연속류 시설의 도로에서 5분 동안 LOS별로 이동 가능 거리를 구한 것이다[10, 11].



<그림 2> 도로의 LOS에 따른 차량의 5분 동안 이동 가능한 거리

그림 2에서와 같이, 차량이 5분 동안 이동 가능한 거리는 LOS A부터 D까지 완곡하게 짧아지지만, LOS E와 F에서는 급격히 변한다. 특히, LOS F가 되면 사실 이동 거리를 정확히 계산하기 어려울 정도로 교통 상황의 변화는 심하다. 즉, 그림에서 보여주는 2.5 km 보다 더 짧을 수 있다는 것이다. UIS의 설치 간격으로서 위의 그림에서 보여주는 거리를 사용한다고 하더라도, 차량에 실시간 정보를 제공한다는 목표에는 거의 문제가 없다. 하지만, 교통 상황이 LOS F 이하로 악화될 경우, UIS 만으로 모든 대상구간을 담당한다면 마치 핸드폰 무선 네트워크와 유사한 구성을 갖게 되므로 너무 많은 비용이 들어갈 것이다.

u-TSN 환경에서는 차량간 통신이 가능하므로 혼잡 상황에서 더욱 유리한 장점을 가지고 있다. 즉, 혼잡이 심할 경우 주행중인 차량은 다음 UIS의 통신 범위까지 이동하기에 많은 시간이 소요되어 지속적인 정보제공이 중단될 수 있지만 차량간 통신으로 이와 같은 문제점을 극복할 수 있다. UVS에 의한 차량간 통신의 특성을 알아보기 위하여 김형수[12]가 제시한 실험결과를 인용하였다. 김형수는 Paramics(미시적 교통 시뮬레이터)와 QualNet(네트워크 시뮬레이터)을 이용하여 개발한 u-TSN 환경 프레임워크를 통하여 고속도로에서 차량간 통신시 정보의 전달속도를 측정하였다. 그가 대상으로 한 고속도로는 미국 메릴랜드에 위치한 실제 도로 네트워크로 제한 속도가 96 km/h(60 mile/h)로 운영되고 있는 곳이다. 그림 3은 김형수의 연구에 의한 차량간 통신을 통하여 5분 동안 정보가 이동할 수 있는 거리를 보여준다. 실제 실험에서 얻어진 값들은 점으로 표현되므로 그림에 보여주는 값은 많은 값들의 평균이다.



<그림 3> 차량간 통신에 의한 교통 정보의 5분 동안 전달 가능한 범위

그림 2와 달리, 그림 3은 MPR(3, 5, 10 %)에 따른 차이를 포함하고 있다. 왜냐하면, 차량간 통신은 UVS를 장착한 차량 간에만 이루어지므로 그로 인한 결과의 차이는 크게 나타나기 때문이다. 차량간 통신에 의한 교통 정보의 전달 범위는 교통 밀도가 적은 상황에서 차량의 속도에 의한 확장 범위와 유사하였으나, 교통 밀도가 커지면서 정보의 전달 범위는 증가하였다. 즉, 차량의 밀도가 증가하면서 UVS 통신 범위 내에 존재하는 UVS 장착 차량의 수가 증가하여 혼잡이 가중될수록 차량간 통신의 가능성은 더욱 증가한다. 지속적인 실시간 정보를 제공하기 위한 수단으로 차량간 통신은 교통 혼잡 상황에서 더욱 효과적으로 역할을 할 것이다.

### III. UIS 설치 간격

본 연구에서는 u-TSN 환경에서 지속적인 실시간 정보 제공을 위하여 UIS의 설치 간격을 결정하기 위하여 UIS와 UVS의 통신에 UVS 간 통신을 포함시켜 보다 현실적인 값을 산정하였다. 차량과 인프라 간의 통신을 의미하는 UIS-UVS 통신에 대하여 실시간의 범위내에 가능한 간격을 산정하기 위하여 차량이 실시간의 범위내에서 이동할 수 있는 거리를 계산하였다. 차량과 차량 간의 통신을 의미하는 UVS-UVS 통신에 의한 성능을 알아보기 위하여 교통 정보가 실시간 범위내에 전달될 수 있는 거리를 제시하였다.

실시간의 범위를 5분으로 정의할 때, 비혼잡 상황(LOS A-B)에서 차량은 약 9 km를 이동할 수 있고, 차량간 통신에 의한 정보 전달 거리는 약 8 km로 얻어졌다. 이는 대부분의 차량들이 제한 속도에 준하여 주행을 하므로 발생된 결과라고 판단되므로 제한 속도가 바뀐다면 이 값들도 바뀔 것으로 판단된다. 즉, 비혼잡 교통 상황에서는 최대 UIS의 설치 간격은 제한속도를 근거로 실시간의 범위에 해당하는 거리를 사용할 수 있다고 판단된다(본 연구에서는 8 km). 비혼잡 상황을 제외한 나머지 교통상황(LOS C-F)에서는 심지어 MPR 3%에서도 차량간 통신 횟수가 늘어나 실제 차량의 이동 거리를 초과할 뿐만 아니라 정보 전달 거리 또한 증가하고 있다. 결국, 모든 교통 상황 중에는 최소이며, 최대 설치 간격

을 결정하기 위하여, 대상도로의 제한속도로 실시간으로 정의된 시간 동안 주행할 때 얻어지는 거리가 최대 간격이라고 판단된다.

### IV. 결론

무선 통신 기술의 빠른 확산과 함께 교통 분야에도 새로운 시도가 이루어지고 있다. u-TSN 환경에서는 도로를 통행하는 차량과 도로시설의 상호 통신이 가능하여 언제 어디서나 교통정보 뿐만 아니라 다양한 서비스까지 제공한다. 본 연구에서는 지속적인 실시간의 정보 제공을 위한 UIS 설치 간격을 산정하였다. 이를 위하여 먼저 실시간을 정의하고, 실시간의 범위 내에서 차량이 이동할 수 있는 거리와 차량간 통신에 의한 정보의 전달 거리를 다양한 교통상황에 따라 산정하였다.

비혼잡 교통상황의 경우, 차량의 이동 거리와 차량간 통신에 의한 정보의 전달 거리가 모두 대상도로의 제한 속도에 의하여 결정되었다. 혼잡 교통상황의 경우, 차량의 이동거리는 급격히 감소하는 반면, 정보의 전달거리는 상승하였다. 결국, 혼잡 교통상황에서도 차량간 통신에 의하여 정보가 전달되므로 최대 UIS 설치 간격은 제한속도에 기준이 되는 실시간 동안 이동 가능한 거리로 계산할 수 있다. 하지만, 본 연구의 산정 방법은 실제 적용되는 대상 구간의 기하구조에 따라 변할 수 있다. 통행흐름에 크게 영향을 주는 요소(예를 들어, 교차로, 터널 등)의 위치에 따라 다르게 적용될 수 있으며, 실제 여건에 따른 적용 방법은 향후 연구과제로 돌린다. 본 연구의 결과는 향후 유비쿼터스 교통 시스템의 설계에 활용될 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. Ramanathan, R., and Redi, J. (2002). A brief overview of ad hoc networks: challenges and directions. IEEE Communications Magazine, 50th Anniversary Commemorative Issue, pp. 20-22.
2. ITS America (2005). VII Public Meeting, February 9-10, 2005. [www.itsa.org/VII\\_Public\\_Meeting.html](http://www.itsa.org/VII_Public_Meeting.html), accessed May 16, 2008.
3. 송양빈, 김경석, 서민호, 이선하 (2008), u-City와 ITS의 서비스 연관성 분석에 관한 연구, 한국ITS학회 논문집, 한국ITS학회, 제7권 1호(통권15호), pp. 101-114.
4. 강연수 (2007), u-Transportation의 비전 및 전망, 한국ITS학회 학회지, 한국ITS학회, 제4권 제1호, pp. 7-16.
5. 김태형, 강연수, 김원규, 오 철, 박재용, 박정기, 고중협, 김준오, 김성민 (2007), u-Transportation 교통정보

- 수집체계 개발, 한국ITS학회 학회지, 한국ITS학회, 제4권 제1호, pp. 17-24.
6. Yang, H. and Zhou, J. (1998), Optimal traffic counting locations for origin-destination matrix estimation, Transportation Research Part B, Vol. 32, No. 2, Pergamon Press, pp. 109-126.
  7. Thomas, G. B. (1999), The relationship between detector location and travel characteristics on arterial streets, ITE Journal, ITE, pp. 36-42.
  8. Yang, X., Chu, H., and Wu, Z. (2005), Optimum Method of Loop Detector Location Density for Expressway based on Travel Time Estimation, 12th World Congress on Intelligent Transport Systems, San Francisco, US.
  9. 김영호, 이기학 (2008), 연속 교통류에서 검지기 간격과 교통정보 수집주기 결정에 관한 연구, 해외학술워크샵, 한국ITS학회, 필리핀, 마닐라, pp. 19-54.
  10. 도철웅 (2007), 교통공학원론(상), 청문각, 제2개정판.
  11. 어효경, 안진우, 신치현 (2008), 유비쿼터스 하 센터에서의 교통소통정보 실시간 처리와 연관된 핵심 요건들에 관한 기초 연구, 제1회 춘계학술대회, 한국ITS학회, 대전.
  12. Kim, H. (2007). A simulation framework for traffic information dissemination in ubiquitous vehicular ad hoc networks. Ph. D. dissertation, University of Maryland, Maryland, US.