

V2I 통신을 이용한 교통류 분산제어 전략 수립 및 평가

論 文

8-3-4

Evaluating of Traffic Flow Distributed Control Strategy on u-TSN (ubiquitous-Transportation Sensor Network)

김 원 규*, 이 민 희*, 강 경 원*, 김 병 종*, 강 연 수**, 오 철***, 김 송 주*

Won Kyu Kim, Min Hee Lee, Kyung Won Kang, Byung Jong Kim,
Yeon Su Kang, Cheol Oh, and Song Ju Kim

Abstract

Ubiquitous-Transportation sensor network is able to realize a vehicle ad-hoc network. Since there are some problems in an existing ITS system, the new technology and traffic information strategies are requirements in this advanced system, u-TSN. The purposes of this paper is to introduce the components on u-TSN system, establish new traffic strategies for this system, and then evaluate these strategies by making a comparative study of ITS and using micro traffic simulator, AIMSUN.

The strategy evaluated by AIMSUN is position-based multicast strategy which provides traffic information to vehicles using V2I (vehicle to Infrastructure) communication. This paper focuses on the providing real-time route guidance information when congestion is occurred by the incidents. This study estimates total travel time on each route by API modules. Result from simulation experiments suggests that position-based multicast strategy can achieve more optimal network performance and increased driver satisfaction since the total accumulated travel times of both the major road and the total system on position-based multicast strategy are less than those on VMS.

Keywords : u-TSN (ubiquitous-transportation sensor network), V2I (vehicle to infrastructure), traffic flow distributed control strategy, traffic information strategy

1. 서 론

유비쿼터스 교통체계에서는 기존의 지능형교통체계(ITS: intelligent transportation system)의 한계점들을 극복하기 위해서 새로운 자료 수집 및 정보제공 전략이 필요하다. 또한 중앙 집중식 시스템의 한계도 극복하여 현장에서 직접 수집된 실시간 자료의 처리, 가공, 제공이 가능하여야 한다.

유비쿼터스 교통정보수집체계는 개별 차량 위

주로 자료를 수집하여 정보를 가공하고, 동일하게 개별 차량을 대상으로 교통정보를 제공한다. 또한 실시간 구간 교통정보의 예측력 및 신뢰성을 향상시켜 보다 정확한 정보제공을 가능하게 하여 혼잡한 도로환경을 해소하고 궁극적으로 도로네트워크의 이용효율을 극대화 할 것으로 기대한다. u-TSN(ubiquitous-transportation sensor network)는 V2V ad-hoc 네트워크와 V2I 통신 네트워크를 바탕으로 하는 유비쿼터스 교통체계에서 구성요소 간의 통신네트워크를 말하는 것이다.

본 연구의 목적은 유비쿼터스 교통체계에서의 V2I 통신을 이용한 교통류 분산제어 전략을 수립한 후, 이를 기존의 ITS체계에서의 교통정보 제

접수일자 : 2009년 07월 21일

최종완료 : 2009년 08월 29일

*한국항공대학교 항공교통물류학부

교신저자, e-mail : wkim@kau.ac.kr

**한국교통연구원

***한양대학교 건설교통공학부 교통시스템공학

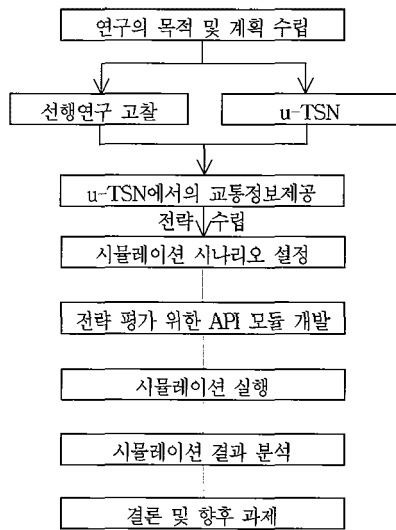


그림 1. 연구 수행도

공전략과 함께 평가하는 것이다. 평가된 결과는 비교 분석하여 유비쿼터스 교통체계에서의 교통정보제공 전략의 효과를 검증한다. 더 나아가 본 연구의 결과를 vehicle ad-hoc 네트워크를 통해 차량들과 시설물의 유기적인 정보 연계 체계를 구축하고, 정확하며 신뢰성 있는 교통정보를 제공하고자 하는 유비쿼터스 교통체계의 구축을 위한 자료로 활용하고자 한다.

유비쿼터스 교통체계에서의 교통정보제공 전략을 수립한 후 이를 평가하기 위한 교통 네트워크를 설정하였다. 교통네트워크 설정 시 반영한 도로의 기하 구조적 특성 및 교통류 특성은 도로용량편람[1]에 근거하여 가정하였다. 전략을 평가하기 위한 네트워크 범위는 본선 경로 20Km와 우회 경로 26Km로 구성된 네트워크로 설정하고 교통류는 연속류로 제한하였으며, 도로에 돌발 상황이 발생하여 지속되는 시간동안 교통정보제공 전략을 실행시키는 것으로 하였다.

유비쿼터스 교통체계에서의 교통정보제공 전략을 평가하기 위하여 미시적 교통류 시뮬레이션 프로그램인 AIMSUN을 사용하였다. 전략평가를 위한 네트워크를 구축하였고, 전략의 효과를 측정하기 위해 전략의 각 단계별로 AIMSUN API(application program interface) 모듈을 개발하여 시뮬레이션 프로그램 실행 시 적용하였다.

본 연구의 진행절차는 다음과 같이 요약된다.

첫째, 교통정보제공에 대한 선행연구들을 검토하여 적절한 교통정보제공 전략을 수립하고자 하는 연구 목적의 타당성을 검증한다. 또한 기존 ITS

체계와 유비쿼터스 교통체계의 가장 큰 차이점인 개별 차량 위주의 교통정보제공의 필요성을 검토한다. 마지막으로 교통정보제공 시 고려해야 할 요인들에 대해 알아본다. 둘째, 본 연구의 배경이 되는 유비쿼터스 교통체계에 대해 알아본다. 유비쿼터스 교통체계의 구성 및 통신 구조에 대해 검토하고 교통정보제공 방식에 대해 살펴본다. 셋째, 유비쿼터스 교통체계에서의 교통정보제공 전략을 수립하고, 구체적인 시나리오를 설정한 후, 전략을 평가하기 위한 API 모듈을 개발하여 미시적 교통류 시뮬레이션 프로그램인 AIMSUN으로 평가한다. 넷째, 전략 평가 후, 결과에 대한 해석 및 비교 고찰을 통해 종합적인 결론을 도출한다.

연구 수행도는 그림 1과 같다.

II. 관련 연구 고찰

교통정보의 제공은 도로망의 효율성 향상과 운전자들의 만족도라는 중요한 편익을 가져온다. 교통정보 제공에 대한 기존 연구들을 살펴보면 최기주 등[3]의 연구에서는 교통 혼잡상황과 교통사고 상황에서 일정 구간 내 운전자들에게 VMS(variable message sign) 전광판으로 본선 경로와 우회 경로의 선택 상황을 제시하고 SP(stated preference) 설문문을 실시하여 운전자 행태모형을 구축하였다. 모형 개발을 위하여 국도 3호선 이용자에 대해 이루어진 이 SP 조사에서는 VMS 전광판을 통해 제공되는 교통정보의 메시지 유형에 따른 운전자의 경로 선택 결과를 조사하였다. SP 조사결과에 대하여 Logit 형태로 개발된 행태모형의 분석 결과 운전자에게 강도 높은 교통정보를 제공할수록 경로 전환율이 증가하는 것으로 나타났다. 기존의 VMS 전광판을 통해 제공되는 교통정보의 유형, 즉 경로의 구간 소통정보에 대해 운전자들의 경로 전환율은 평균 21%로 나타났는데 이 전환율은 교통정보에 대한 운전자의 순응도(compliance rate)를 고려한 최종 수치이다.

이창우 등[2]의 연구에서도 운전자의 경로전환 행태모형을 구축하였는데, 그 결과 제공되는 교통정보가 보다 구체적이고 상세할수록, 그리고 운전자의 행동을 유도하는 메시지일수록 운전자가 경로를 전환하고자 하는 의지가 높아지는 것으로 나

타났다. 또한 대기행렬의 관측 유무에 따라 운전자에게 동일한 강도의 매체 정보를 제공하여도 경로 전환에 미치는 영향은 달라질 수 있는 것으로 나타났다. 즉, 운전자가 전방의 교통상황을 매체 정보를 통해 인지하고 있더라도 직접 관측한 교통상황이 혼잡하다고 인식할 때 경로를 전환하고자 하는 확률이 더욱 높게 나타났다.

위의 연구들에서 제시한 적극적인 유형의 교통 정보는 VMS 전광판을 통해 해당 구간 내 전체 차량에게 제공하기보다 본선 경로의 통행시간을 감소할 수 있도록 경로를 전환해야 할 차량의 대수를 산정하여 개별 차량에게 제공할 때 더욱 효과적이게 된다[4]. Jeffrey L. Adler 등[4]의 연구에서는 교통정보를 제공받은 개별 차량이 실시간으로 동적인 경로설정(dynamic routing) 기능을 수행할 수 있는 CTMRGS(cooperative traffic management and route guidance system) 프로토타입 프로그램을 개발하였고, 시뮬레이션 결과로 운전자의 만족도를 측정하였다. 효과를 측정하기 위해 동일 O/D(origin/destination) 간 다수의 경로를 만들고 시뮬레이션을 실행한 후 각 경로 별로 O/D 간 교통량을 분산시키는 전략을 사용하였다. 효과 평가는 출발 전 예상 통행시간과 실제 걸린 통행시간의 차이로 측정하였으며, 시뮬레이션 실행 결과 개별 차량에게 교통정보를 제공하여 경로 선택이 이루어질 경우 운전자의 만족과 교통관리 수준을 최적화시킬 수 있다고 나타났다.

Vasudevan 등[6]의 연구에서는 교통방송이 운전자에게 가져다주는 효과와 편익을 분석하였는데, 현재 국내에서 제공되는 교통방송 서비스와 같이 불특정 다수를 위한 전반적인 교통상황에 대한 일방적인 교통정보 제공은 이용자의 통행시간을 절약하거나 편익을 증가하는 데 큰 도움이 되지 못하고 있음을 분석하여 제시하였고, 지역적으로 필요한 정보만을 받을 수 있는 HAR(highway advisory radio)와 같은 전용 교통정보제공 방송 시스템이 절실하게 필요하다고 강조하였다.

운전자가 자신의 경로를 선택하는데 고려하는 요인과 이들의 영향에 대한 연구도 있다. Enide A. I. Bogers 등[5]은 운전자의 경로 선택 과정을 크게 3가지 층으로 구분하고 각 층의 영향 정도를 정밀하게 분석하기 위한 시뮬레이션 실험을 수행하였다. 이들 레이어는 주행정보로 구성되는 travel information manager 층, 운전자 행태, 위

험요소 판단, 경험, 성별, 나이, 통행 목적 등으로 구성되는 여행자층, 교통상황으로 구성되는 traffic 층으로 나뉘어 있으며, 시뮬레이션을 통한 분석 결과 각 층의 구성 요소들은 각기 연관성을 지니고 있는 것으로 드러났다.

기존의 연구들에서 검토하였듯이 적절한 교통 정보가 제공되었을 때 개별 운전자들이 제공된 정보를 수용하여 각각 운전에서 반영하면 통행시간이 절감되는 등 그 효과와 편익이 증가하고, 정보의 내용이 구체적이며 적극적일 때 이를 수용하는 운전자의 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 경로 선택 시 다양한 요인들이 운전자에게 작용하므로 실제 교통상황에서 정보를 제공할 때 운전자의 정보에 대한 수용도도 고려되어야 함을 알 수 있었다.

III. 전략 수립 및 평가 시나리오 설정

1. 전략수립

1.1. 지점기반 전략(Position-based strategy)

(1) 기존의 정보제공 전략

기존의 지점기반 정보제공 매체로는 VMS 전광판이 있다. 도로의 특정 지점에 설치된 VMS 전광판으로부터 그 지점을 포함한 일정구간 내 모든 차량은 전광판에 표출된 정보를 인식하게 된다. VMS 전광판을 통해 제공되는 정보는 주로 혼잡, 돌발 상황 발생 정보, 또는 구간소통에 대한 정보이다.

기존의 VMS 전광판을 통한 정보제공 전략의 문제점은 전광판에 실린 정보는 해당구간의 전체 차량에게 제공되기 때문에 VMS 전광판을 통한 정보전달이 소극적인 수준의 정보제공에 머무른다는 것이다. 돌발 상황이 발생했을 때 그 도로를 통행하고자 하는 차량들에게 우회정보를 제공하여 도로의 혼잡, 지체를 최소한으로 줄이고 전체 도로망의 최적화를 이루는 것이 교통관리 전략의 목적이다. 이때 교통우회 전략이 효과적으로 작용하려면 적정 우회 교통량이 산정되고 이에 따른 교통류 우회 전략이 수행되어야 한다. 또한 복수의 우회 경로가 존재하는 경우 본선의 교통상황과 각 우회 경로의 교통상황 등 도로망 전체의 교통 혼잡상태를 반영한 우회 전략을 수립하고

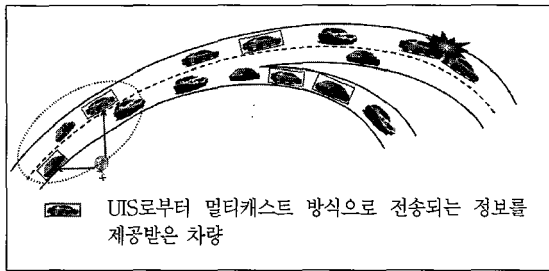


그림 2. 지점기반 멀티캐스트 정보제공 전략

대안 경로별 적정 경로 전환율을 적용하여 차량들에게 구간별로 각각 다른 우회 정보를 제공해주어야 한다. 하지만 현재의 지점기반 정보제공 방식은 돌발 상황 발생 위치 및 대기행렬 길이 변화에 따른 렬을 경로별 못함으로 실시간 교통상황을 반영하발 못하고 있다. 또한 구간소통 정보나 우회정보가 해당구간 전체 차량에게 동일하게 제공되기 때문에 운전자들이 그 정보에 과도하게 반응하여 일부 경로에 차량들이 과도하게 집중할 수도 있다. 그래서 대안으로 제시된 우회 경로가 또 다른 혼잡구간이 되어 전체 네트워크의 악화를 초래하게 된다.

(2) 유비쿼터스 교통체계에서의 지점기반 전략

가) 지점기반 멀티캐스트 전략

유비쿼터스 교통체계의 UVS(ubiquitous vehicle sensor) 및 UIS(ubiquitous infra-structure sensor)는 자체적으로 구간 통행시간을 산출하는 기능을 수행한다. 예를 들어 교통사고가 발생하면 그 지점을 노드로 지정하여 새로운 링크가 생기고, 구간 통행시간을 실시간으로 갱신한다. 이렇게 산출된 교통류관리 차원의 정보를 UIS에서 통신 반경 내 차량들에게 멀티캐스트로 전송해준다. UTC에서는 교통류관리를 위해 경로가 전환되어야 하는 차량 대수와 전환 경로 등을 지정하여 UIS로 보내고 UIS에서는 이러한 전략에 따라 차량들에 대해 선별적으로 우회 경로를 제공한다. 즉 단일의 대안 경로를 산정하여 통신반경 내 모든 차량에게 동일한 우회 경로 정보를 제공하는 것이 아니라 전체 도로망이 최적화 되도록 차량별로 경로 정보 제공을 다르게 해주는 것이며, 이를 V2I 통신을 이용한 교통류 분산제어 전략이라고 볼 수 있다. 만일 본선 경로에 대해 여러 개의 우회 경로가 존재한다면 우회 경로별로 전환율을 산정하고 UIS 통신 반경 내 주행 중인 차량을 군집하여 그룹별로 다른 우회 경로를 제공해준다. 이때 하나의 군집에

게 멀티캐스트 방식으로 정보를 전송하게 된다.

즉 유비쿼터스 교통체계의 지점기반 멀티캐스트 정보제공 전략으로 전체 차량에게 단일의 최적 경로를 제공하는 것이 아닌 차량 군집별 우회 경로를 제공하여 전체 도로망의 최적화를 이룰 수 있다.

나) 지점기반 브로드캐스트 전략

지점기반 브로드캐스트 전략은 기존의 VMS 전광판을 통해 이루어지 정보제공 전략과 동일한 수준의 전략이다. 이 전략에서는 UIS의 유효 반경 내 존재하는 모든 차량들에게 교통류 관리 차원의 정보를 제공해 준다. 제공되는 정보는 사고, 정체, 지체, 원할 등의 구간 소통정보와 구간 통행시간정보이다.

1.2. 에이전트기반 전략(Agent-based strategy)

(1) 기존 ITS 체계에서의 정보제공 전략

기존 정보제공 서비스 중 에이전트 기반은 아니지만 주행 중인 개별 차량(모바일 노드)에게 무선망으로 직접 정보를 전송해주는 교통정보 제공 서비스들은 존재한다. 이러한 교통정보 제공은 버스와 택시에 설치한 GPS 단말기나 비콘과 같은 무선 노변센서로 자료를 수집한 후, 수집된 자료를 중앙 센터로 보내 가공, 처리과정을 거쳐 해당 차량들에게 교통정보를 제공한다. 각 차량들은 휴대폰을 매개로 한 CDMA방식이나 FM부반송파를 통하여 정보를 전달받는다. 제공되는 정보는 길안내 정보, 위치 정보, 통행속도나 통행시간에 대한 정보이다. 이러한 정보를 제공하는 서비스로 Nate Drive나 MBC idio가 대표적 예이다.

(2) 유비쿼터스 교통체계에서의 에이전트기반 전략

가) 에이전트기반 멀티캐스트 전략

에이전트기반 멀티캐스트 전략은 교통네트워크의 효율화를 목적으로 하는 전략이라기보다 특정 차량 간 필요한 정보들을 주고받기 위한 정보제공 전략이라고 할 수 있다. 즉, 예를 들어 동일 목적지로 가는 일부 차량끼리 V2V 통신으로 필요한 정보를 주고받아야 하는 경우 적합한 전략이다. 이때 일대소수차량의 멀티캐스트 방식의 통신이 될 수도 있지만 경우에 따라서는 일대일 유니캐스트 통신이 될 수도 있다.

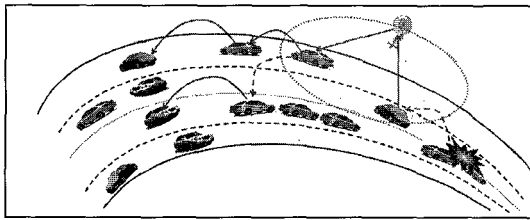


그림 3. 에이전트기반 브로드캐스트 정보제공 전략

나) 에이전트기반 브로드캐스트 전략

유비쿼터스 교통체계의 에이전트기반 정보제공 전략에서 UVS는 차량 내 탑재된 단말기로 개별 차량의 위치, 시간 등의 정보를 수집하여 자체적으로 통행시간을 산출한다. 돌발 상황이 발생하면 자체 센서를 이용하여 돌발 상황을 감지하고 돌발 상황의 종류 등의 특성을 판정하여 발생 위치와 시간 등의 정보를 수집한다. UVS는 이렇게 수집·가공한 정보를 UIS에게 전송하기도 하고 다른 차량에게 전송하기도 한다. 즉, 정보를 지니고 있는 해당 차량의 UVS 통신 수집·범위 내 모든 차량에게 정보가 브로드캐스팅 되는 것이다. 이때 UIS로 전송된 정보는 UTC(ubiquitous transportation center)로 전달되어 지점기반 전략에 의해 가공되고 이렇게 가공된 정보는 다시 UIS를 통해 각 차량에게 제공된다. 또한 UIS는 V2V 정보제공의 보조적 역할도 수행해야 하는데 V2V를 통해 정보가 흡수되는 수와 반경 등을 제한하는 역할을 한다.

유비쿼터스 교통체계의 에이전트기반 브로드캐스트 정보제공 전략은 기존 정보제공 서비스에서는 제공할 수 없었던 실시간 정보제공이 가능하다. 기존의 정보제공은 일정시간 단위로 정보가 갱신되지만, 유비쿼터스 교통체계에서는 UVS가 자동적으로 정보를 갱신한다. 또 센터를 거쳐 가공된 정보가 제공될 뿐만 아니라 주행 중인 다른 차량으로부터 즉각적인 자료를 수집하는 것이므로 제공정보의 실시간성이 향상된다.

한 차량으로부터 브로드캐스팅 될 때 동일 방향의 차선만이 아닌 반대방향 차선의 차량들에게도 정보가 전송된다. 정보를 전송받은 반대방향 차선의 차량이 주행 중에 계속 브로드캐스팅하게 되면 동일 진행방향의 하류부의 차량들이 도로 상류부의 상황을 빨리 인지할 수 있으므로 변화하는 도로상황에 맞게 실시간으로 개별 최적 경로를 갱신하게 된다. 특히 돌발 상황이 발생했을 때 사고지점에서 멀리 떨어진 하류부의 차량이라도 이러한 과정을 거쳐 목적지까지의 경로와 소요시간을 계

속 갱신하여 더 나은 개별 경로를 찾게 된다.

2. 시나리오 설정

본 연구에서는 유비쿼터스 교통체계의 정보제공 전략 중 하나인 지점기반 멀티캐스트 전략에 대한 시나리오를 설정하고 그 효과를 평가한다. 유비쿼터스 교통체계가 기존의 ITS 체계보다 얼마나 더 효과적인지도 평가하기 위하여 기존의 VMS 전략에 대한 효과 평가도 함께 수행하고 각각의 결과를 비교한다.

시뮬레이션 실험 대상 네트워크는 8개의 노드와 8개의 링크로 구성된 연속류 가로망으로, 본선 경로 구간과 우회 경로 구간, 그리고 진·출입 램프(ramp)가 포함된 네트워크 구조이다. 지점기반 멀티캐스트 전략에서 정보제공 매체가 되는 UIS의 정보제공 주기는 5분이며, 우회 경로와 본선 경로가 나뉘기 시작하는 지점에 위치하여 V2I 통신이 이루어진다고 가정하였다. 본 연구에서는 교통 시뮬레이션의 한계로 통신에 대한 부분을 세밀하게 반영하지 못하여 통신방식 및 정보제공에 있어 문제가 없음을 가정한다. 모의실험의 환경은 표 1과 같이 구성된다.

돌발 상황이 발생했을 때, 우회경로로 경로를 전환시키고자 하는 차량의 비율을 10%, 30%, 50%, 70%, 90%라고 가정하고 각 경로 전환율에 의하여 본선 경로의 흐름이 최적이 되는 O/D 교통량을 탐색해 나가는 과정이다. 시뮬레이션을 반복 수행하여 해당 O/D 교통량을 탐색하였다. 예를 들어, 돌발 상황 발생 후 우회 경로로 경로 전

표 1. 모의실험 네트워크 구조

구분	본선경로	우회경로	
Path	1-5-6-2	1-5-7-8-6-2	
연장	20Km	26Km	
시뮬레이션 수행시간	60분		
돌발 상황 발생시각	20분 후		
돌발 상황 지속시간	20분		
폐쇄차로	1, 2차선		
발생 위치	10Km 지점		
O/D 교통량	출발 노드	도착 노드	O/D (veh/hr)
	1	2	탐색
	1	4	500
	3	2	500
	3	4	500

표 2. 경로 전환율 10%, 최적 O/D 교통량

출발 노드	도착 노드	O/D 교통량 (veh/hr)				
		10%	30%	50%	70%	90%
1	2	5,500	7,500	8,000	9,000	9,000
1	4	500	500	500	500	500
3	2	500	500	500	500	500
3	4	500	500	500	500	500

환을 시켜야할 비율을 10%라고 했을 때, 출발노드 1번과 도착노드 2번의 O/D 교통량을 4,000대부터 10,000대까지 변화시키며 시뮬레이션을 반복 실행하였다. 돌발 상황이 발생하였을 때 본선 경로에서 소요되는 총 누적 통행시간과 지점기반 멀티캐스트 전략을 적용하였을 때 본선 경로의 총 누적 통행시간을 비교하여 O/D 교통량을 탐색하였다. 다음의 식을 만족하는 O/D 교통량을 각 경로 전환율에 대한 최적 O/D 교통량으로 결정하였다.

$$Max[Tt(\text{돌발상황}) - Tt(\text{우회전략})] \quad (1)$$

Tt : 총 누적 통행시간

각 우회율별 해당 O/D 교통량이 탐색되면 지점기반 멀티캐스트 전략에서 경로 재설정(re-routing) 단계에 들어간다. 경로 재설정이 이루어지는 순서는 다음과 같다.

- step 1 : 시뮬레이션이 실행되면 각 O/D간 최단 경로(shortest path)를 탐색하게 된다. 이때 사용되는 초기 코스트는 각 링크별로 자유교통류에서의 통행시간과 링크의 용량으로 계산된다.
- step 2 : 초기 최단 경로에 의해 교통량이 한 차례 배분된 후, 정보제공 주기인 5분 동안 새로운 평균 통행시간을 산출해낸다.
- step 3 : 새로 산출된 평균 통행시간 이를 입력변수로 사용하는 경로 선택 모형에 근거하여 O/D 간 교통량의 재분배가 발생한다. 이때 경로 선택 모형은 Logit 모형이다. 재분배가 이루어지면서 시뮬레이션은 계속 실행된다.
- step 4 : 시뮬레이션 실행되면서 다시 새로운 최단경로를 계산해 낸다.
- step 5 : 돌발 상황이 발생하여 지점기반 멀티캐스트 전략을 적용한다. 이때 step 3의 결과와 상관없이 우회경로로 해당 우회율만큼 강제적으로 우회시킨다. 다시 step 2의 단계로 간다.

IV. 모의실험 결과

시뮬레이션의 반복 수행 후 결정된 각 경로 전

환율별 최적 O/D 교통량은 다음과 같다.

1. 모의실험 결과 분석

돌발 상황 발생 후 지점기반 멀티캐스트 전략의 경로 전환율을 각각 적용했을 때와 돌발 상황 발생 후 VMS 전략을 적용했을 때, 각각 60분 동안 시뮬레이션을 실행한 후 결과로 나온 총 누적 통행시간의 그래프를 그리면 다음과 같다.

총 누적 통행시간은 시뮬레이션 상에서 각 경로마다 개별 차량이 출발 노드를 떠난 시간과 도착 노드에 도달한 시간을 기록하여 차량이 도착 노드에 들어오는 순서대로 그 통행시간을 누적하였고, 이를 시뮬레이션 진행 시간에 따른 그래프로 나타내었다.

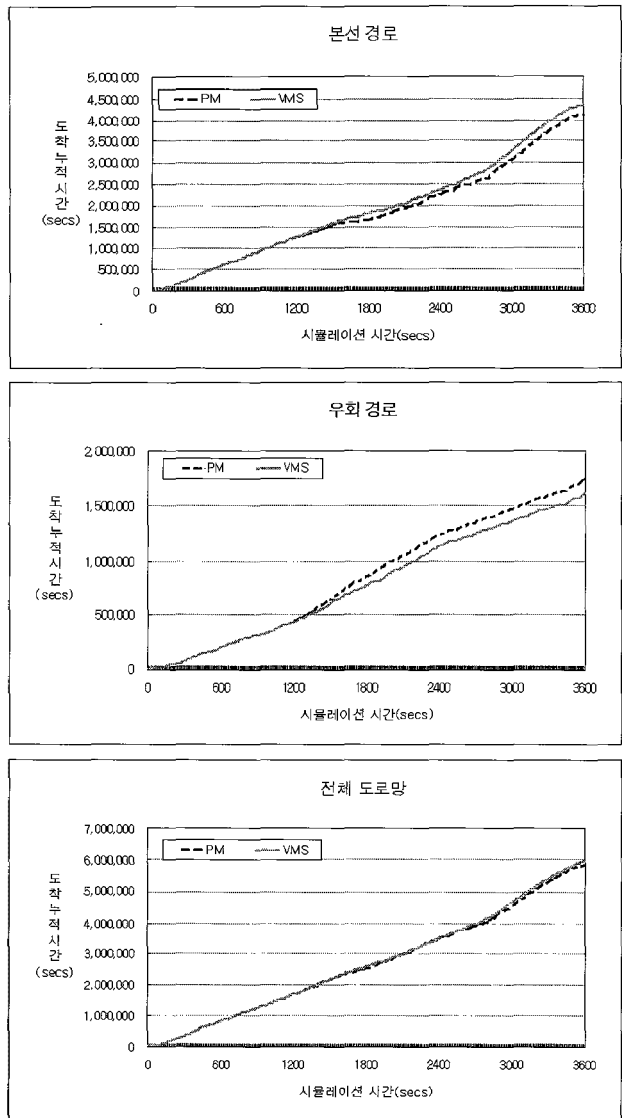


그림 4. 경로 전환율 10%일 때 총누적통행시간

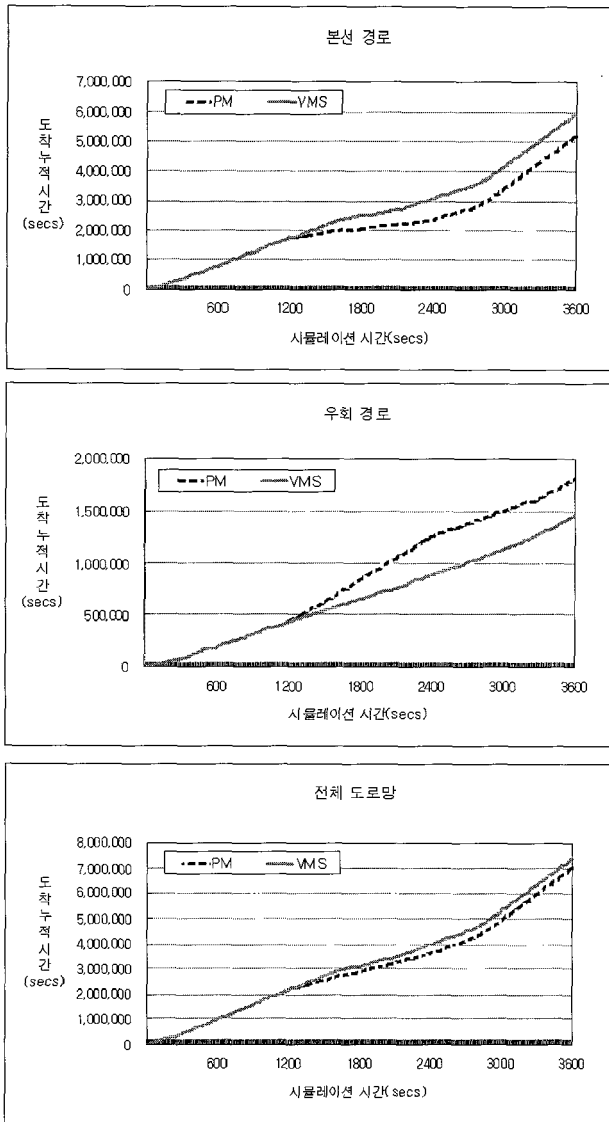


그림 5. 경로 전환을 30%일 때 총누적통행시간

돌발 상황 발생 시 10% 경로 전환율을 적용한 전략이 VMS 전략보다 더 큰 효과가 있는 것으로 나타났으나 그 효과가 그리 크게 발생하지는 않았다. 이는 정보제공 주기마다 운전자의 순응도를 반영하여 우회 경로로 10% 우회시키는 전략을 적용하였을 때 실제 우회 경로로 전환하는 차량의 대수와 VMS 전광판으로 정보를 제공하여 일률적으로 20% 우회시키는 전략 적용 시 경로를 전환하는 차량의 총 대수가 큰 차이가 없기 때문이다. 돌발 상황 발생 시 전환율을 적용한 전략이 VMS 전략보다 더 큰 효과가 있는 것으로 나타났다. 우회 경로에서 강제적으로 경로를 전환시켰을 때 VMS에 의해 경로 전환을 유도하는 것보다 더 많은 통행시간이 걸렸지만 본선 경로에서의 총 누

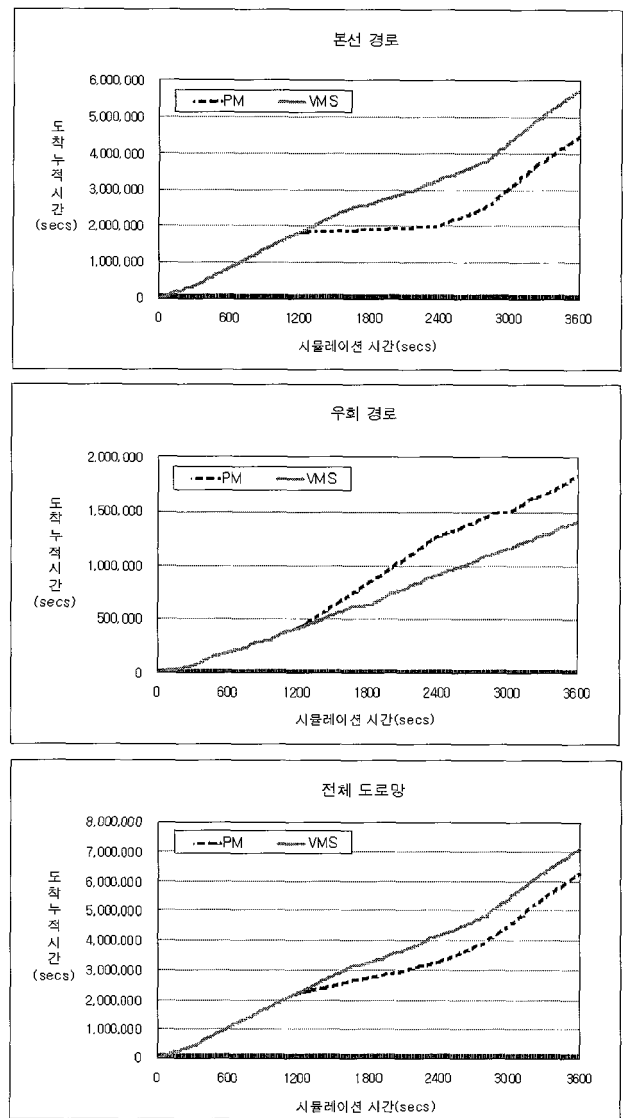


그림 6. 경로 전환을 50%일 때 총누적통행시간

적 통행시간의 막대한 절감 효과로 전체 도로망의 비용은 강제 전환을 시켰을 때에 두드러지게 줄어들었다.

돌발 상황이 발생한 후 각각의 전략을 적용하였을 때 역시 우회경로의 총 누적 통행시간은 VMS 전략 적용 시 더 적게 나타났지만, 본선 경로에서는 VMS 전략에 대한 지점기반 멀티캐스트 전략의 효과가 매우 크게 나타나므로 전체 도로망의 총 누적 통행시간은 경로 전환율이 커질수록 현저하게 감소하는 것으로 나타났다.

돌발 상황이 발생하고 난 후 정보제공 기간 동안 지점기반 멀티캐스트 전략 적용 시 본선의 총 누적 통행시간의 그래프가 완만하게 나타나는 이유는 각 경로 전환율에 해당하는 차량 수만큼 우

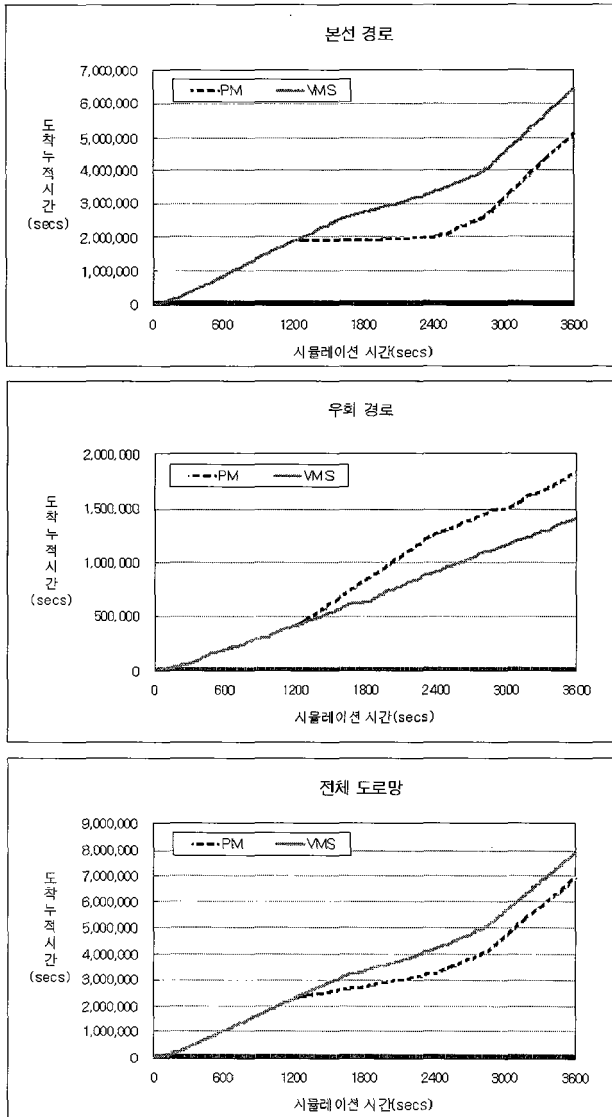


그림 7. 경로 전환율 70%일 때 총누적통행시간

회 경로로 전환시키기 때문이며, 경로를 전환한 차량들로 인하여 우회 경로에서의 누적시간 그래프의 기울기가 급격하게 증가한 것을 볼 수 있다.

V. 결론 및 향후 연구과제

지점기반 멀티캐스트 전략을 적용하기 위하여 우회 경로로의 전환율을 10%, 30%, 50%, 70%, 90%로 가정하였고, VMS 전략 적용 시 우회로의 전환율을 20%로 가정하였다. 시뮬레이션 실행을 위하여 우선적으로 각 경로 전환율별 최적 O/D 교통량을 탐색한 후 탐색된 O/D 교통량 안에서 전환율에 따른 경로 재설정(re-routing) 단계를

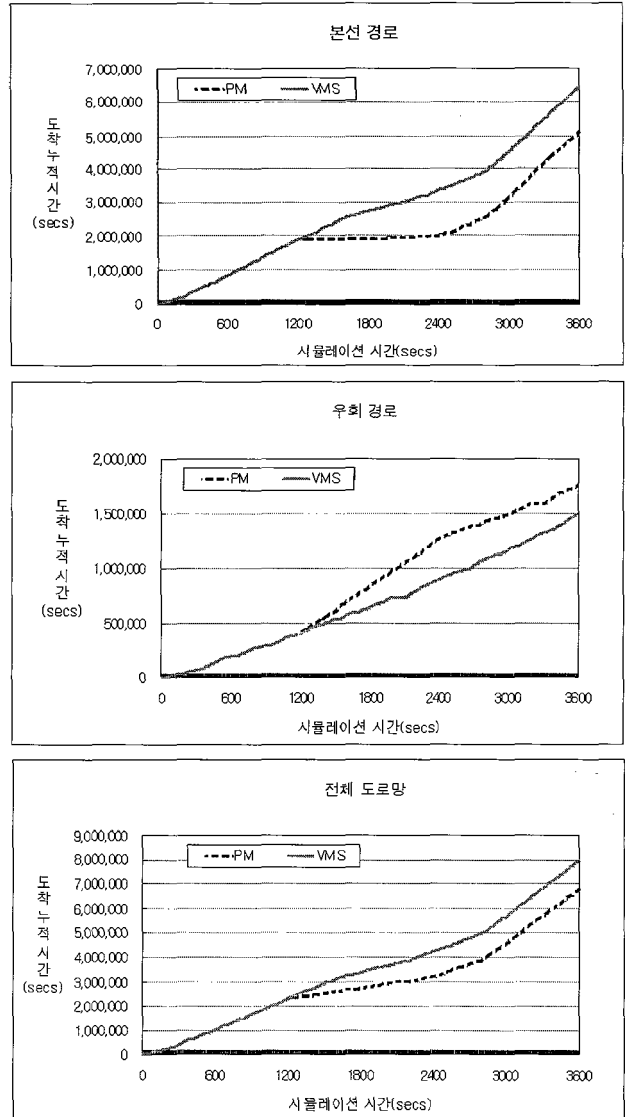


그림 8. 경로 전환율 90%일 때 총누적통행시간

실행하였다. 이를 위하여 정보제공 주기인 5분마다 운전자의 정보 순응도를 반영한 경로 재설정 API 모듈을 개발하였다.

경로 전환율별 시뮬레이션 실행 결과 값과 값 VMS 전략의 결과 값 중 본선 경로, 우회 경로, 전체 도로망의 총 누적 통행시간을 비교하였다. 시뮬레이션 실행 결과 10%, 30%, 50%, 70%, 90%의 모든 시나리오에서 지점기반 멀티캐스트 전략이 VMS 전략보다 월등히 뛰어난 것으로 나타났다. 본선 경로의 총 누적 통행시간이 VMS 전략보다 감소한 것은 지점기반 멀티캐스트 전략에 의한 정보제공으로 운전자의 만족도가 증가한 것이며, 전체 도로망의 총 누적 통행시간이 감소한 것은 도로 전체의 효율이 증가한 것으로 볼 수 있다.

보다 신뢰성 있는 연구를 위해 향후 연구에서는 통신 시뮬레이터와의 연계 연구를 통하여 통신 환경이 구축된 상태에서 유비쿼터스 교통체계에 대한 평가가 이루어져야 할 것이다. 또한 본 연구에서는 지점기반 멀티캐스트를 이용한 교통류 분산제어 전략에 대해서만 평가가 이루어졌지만, 향후 연구에서는 모든 전략들에 대한 효과 평가가 이루어져 실제 유비쿼터스 교통체계가 기존의 ITS 체계보다 더 유익한 체계임을 검증해야 한다. 본 연구에서는 전환율을 설정한 후 최적의 O/D 교통량을 탐색하여 그 효과를 비교평가 하였지만, 유비쿼터스 교통체계에서의 정보제공주기마다의 최적 경로 전환율을 도출해내는 알고리즘을 개발해 반영하는 것이 필요하다. 또한 유비쿼터스 교통체계의 통신환경을 반영하기 위해 통신 시뮬레이션과의 연계방안을 고려하는 것이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비 지원(06-교통핵심-A01-01)에 의해 수행되었습니다.

[참고 문헌]

[1] 대한교통학회, 도로용량편람, 2001.
 [2] 이창우, 정진혁, "운전자 행태를 고려한 VMS의 실시간 경로안내 정보제공에 관한 연구," 대한교통학회지, vol. 24, no. 7, pp. 65-79, 2006.
 [3] 장정아, 문병섭, 최기주, "고속도로에서의 우회(국도) 교통정보 제공에 따른 경로전환효과분석", 대한토목학회논문집, vol. 25, no. 2D, pp. 221-226, 2005,
 [4] J. L. Adler, G. Satapathy, V. Manikonda, B. Bowles, and V. J. Blue, "A multi-agent approach to cooperative traffic management and route guidance," *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 39, no. 4, pp. 297-318, 2005.
 [5] E. A. I. Bogers, F. Viti, and S. P. Hoogendoorn., "Joint modeling of ATIS, habit and learning impacts on route choice my laboratory simulator experiments," *Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1926, no. 22, pp. 189-197, 2005.
 [6] M. Vasudevan, K. Wunderlich, J. Larkin, and A. Toppen, "Comparison of mobility impacts on urban commuting: Broadcast advisories versus advanced traveler information services," *Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1910, no. 5, pp. 38-45, 2005.

Biography

김원규

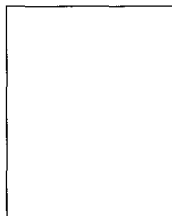


1988년 연세대학교 건축공학과 졸업
 1990년 연세대학교 본 대학원 건축공학과 도시계획전공(공학석사)
 1996년 Virginia Tech 토목공학과 교통공학전공(Ph.D)
 1997년 ~ 1999년 한국교통연구원 책임연구원
 1999년 ~ 현재 한국항공대학교 항공교통물류학

부 교수

<관심분야> 지능형교통체계, u-Transportation, 교통시스템 분석
 <e-mail> wkim@kau.ac.kr

이민희



2006년 한국항공대학교 항공교통물류학부 졸업
 2008년 한국항공대학교 대학원 항공교통물류학과 교통전공(이학석사)
 2009년~현재 University of wisconsin-madison Dep. of Civil and environmental engineering 박사과정
 <관심분야> 교통시스템분석, 교통공학, 교통계획

강경원



2009년 한국항공대학교 항공교통물류학부 졸업
 2009년~현재 한국항공대학교 항공교통물류학과 교통전공 석사과정
 <관심분야> 지능형교통체계, u-Transportation, 교통시스템분석
 <e-mail> kevin@kau.ac.kr

김병종



1982년 고려대학교 산업공학과 졸업
 1990년 Virginia Tech 토목공학과 교통공학전공(공학석사)
 1993년 Virginia Tech 토목공학과 교통공학전공(공학박사)
 1993년 국토개발연구원 교통연구실 책임연구원
 1994년~현재 한국항공대학교 항공교통물류학부 교수
 <관심분야> 교통시스템분석, 교통계획, 공항계획
 <e-mail> bjkim@kau.ac.kr



강 연 수

Rogerwilliams Univ 전자계산학
University of Connecticut 수학과 응용수학
전공(이학석사)
Virginia Polytechnic Institute and State University 통계학과 응용통계학 전공(이학석사)

Virginia Polytechnic Institute and State University 산업공학과
Operations Research 전공 박사과정 수료

Virginia Polytechnic Institute and State University 토목 및 환경공학과 교통공학 전공(공학박사)

<관심분야> 지능형교통체계, u-Transportation, 교통시스템분석

<e-mail> ykang@koti.re.kr



오 철

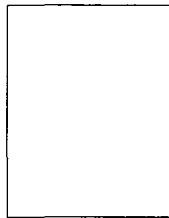
1993년 한양대학교 교통공학과 졸업
1997년 한양대학교 대학원 교통공학과 졸업
(공학석사)
2003년 University of California, Irvine 토목
환경 공학과(공학박사)

2004년~2006년 한국교통연구원 첨단교통기술연구소 책임연구원

2006년~현재 한양대학교 교통시스템공학과 교수

<관심분야> 지능형교통체계, u-Transportation, 교통시스템분석

<e-mail> cheolo@hanyang.ac.kr



김 송 주

1996년 한국항공대학교 항공교통학과 졸업
2001년 Best of Science University of California, Berkeley 교통공학전공(공학석사)
2006년 Best of Science University of California, Berkeley 교통공학전공(공학박사)

2008년~현재 한국항공대학교 교통물류연구소 선임연구원

<관심분야> 지능형교통체계, 교통시스템분석, 교통계획

<e-mail> songjuk@kau.ac.kr