

교통/통신 통합시뮬레이션을 이용한 u-TSN 교통류 분산제어 전략 수립 및 평가

Traffic-Communication Integrated Simulations of Traffic Control Strategies for
ubiquitous-Transportation Sensor Network

김원규

(한국항공대학교 항공교통물류학과
교수)

강경원

(한국항공대학교 항공교통물류학과
석사과정)

김병중

(한국항공대학교 항공교통물류학과
교수)

오 철

(한양대학교 교통시스템공학과
교수)

강연수

(한국교통연구원 녹색성장실천연구본부
연구위원)

Key Words : 교통/통신 통합시뮬레이터, u-TSN(ubiquitous-Transportation Sensor Network), 교통류 분산제어 전략, 지점기반 멀티캐스트 전략(Position-based Multicast Strategy)

목 차

I. 서론

II. 교통/통신 통합시뮬레이터의 개발

III. u-TSN 운영전략 수립

IV. u-TSN 운영전략 효과평가

V. 결론 및 향후연구과제

I. 서론

최근 통신 및 네트워크의 발달로 유비쿼터스 시대가 도래하고 있으며, 교통 분야에서도 유비쿼터스 교통체계(u-TSN : ubiquitous-Transportation Sensor Network)로의 발전을 위한 연구가 진행되고 있다. 유비쿼터스 교통체계는 차량 간(V2V : Vehicle-to-Vehicle) 통신, 차량과 노변장치 간(V2I : Vehicle-to-Infrastructure) 통신에 의한 교통정보 수집 및 전달이 가능하여 현장에서 실시간으로 수집된 자료의 처리, 가공, 제공이 가능할 것이다. 따라서 실시간 구간 교통정보의 예측력 및 신뢰성을 향상시켜 보다 정확한 정보제공을 가능하게 하여 혼잡한 도로환경을 해소하고 궁극적으로 도로네트워크의 이용효율을 극대화 할 것으로 기대된다. 유비쿼터스 교통체계는 차량 간 통신이 가능하므로 곡선부나 교차로에서의 차량 간 인식이 가능하여 시거삼각형의 해소, 차량 인식 정보 등의 제공으로 교통류 안전을 꾀할 수 있을 것이다.[1][2] 또한, 차량 간 통신을 통해 현 교통류 및 주변 교통류 상황을 파악하고 경로를 선택할 수 있을 것이다.[3][4]

본 연구에서는 유비쿼터스 교통체계의 교통류를 구현하여 분석할 수 있는 교통/통신 통합시뮬레이터(TraCISS : Traffic

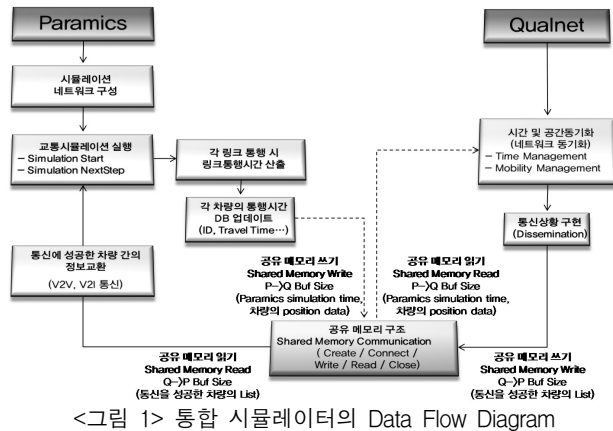
Communication Integrated Simulation System)를 개발하였으며, 기존 ITS에서 돌발 상황 발생 시 가변전광판을 이용해 정보를 제공함으로써 교통류의 우회를 유도하던 전략을 대체할 수 있는 유비쿼터스 교통체계에서의 교통류 분산제어 전략을 수립한다. 또한, 이를 통합시뮬레이터에 구현함으로써 ITS에서의 가변전광판을 이용한 전략과의 비교를 통해 유비쿼터스 교통체계의 교통류 분산제어 전략을 평가하고자 한다.

II. 교통/통신 통합시뮬레이터의 개발

본 연구에서는 교통 분야의 미시적 교통류 모형과 통신 분야의 요소들을 모두 반영할 수 있도록 교통/통신 분야의 상용 소프트웨어를 연동시키는 구조로 교통/통신 통합시뮬레이터를 개발하였다. 교통/통신 통합시뮬레이터의 교통부문 시뮬레이터는 Paramics, 통신부문 시뮬레이터는 QualNet을 이용하였으며, 두 분야의 상용 소프트웨어는 공유 메모리 구조를 이용해 연동하도록 설계하였다.

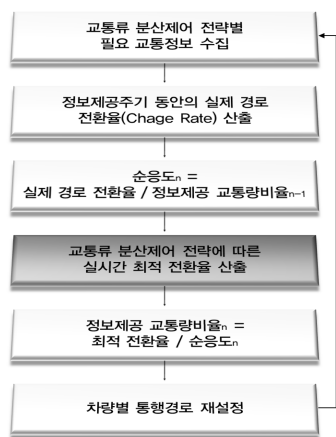
공유 메모리 구조를 구현하기 위해 각 시뮬레이터에 적용 가능한 API(Application Programming Interface)를 설계하였

으며, 이를 통해 교통, 통신 시뮬레이터가 연동되도록 하였다.



III. u-TSN 운영전략 수립

유비쿼터스 교통체계에서는 기존의 ITS에서 이용하고 있는 가변전광판(VMS)을 이용하지 않고 실시간으로 개별차량과의 통신이 가능하여 개별 차량마다 각기 다른 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대한다. 따라서 본 연구에서는 지점기반 멀티캐스트(Position-based Multicast)를 이용한 교통류 분산제어 전략을 수립하였다. 지점기반 멀티캐스트 방식의 정보제공 매체는 노변장치인 UIS가 되며, 정보제공 방식은 필요 차량에게만 선별적으로 정보를 제공하는 멀티캐스트 방식이 된다. 이러한 지점기반 멀티캐스트 전략을 이용하면 최적의 전환율 산출을 통해 우회가 필요한 차량에게 실시간으로 정보제공이 가능하여 기존의 ITS에서 가변전광판을 이용할 때보다 빠르게 돌발 상황에 대처할 수 있으며, 전체 네트워크의 최적화를 가져올 수 있게 될 것이다.



<그림 2> u-TSN 지점기반 멀티캐스트를 이용한 교통정보 제공전략 흐름도

본 연구에서는 이러한 지점기반 멀티캐스트 전략에 적용하기 위한 최적 전환율을 산출하기 위해 다음 두 가지의 방법

으로 전략을 수립하였다.

1) 적응형 교통류 최적 제어 기법(Adaptive Traffic Flow Control)

적응형 교통류 최적 제어 기법은 정보제공주기의 경로별 상황과 새로 진입하는 차량 정보를 수집하여 해당 분기점에서 발생하는 여러 경로의 통행시간이 동일해지도록 교통량을 배분하는 전략이다. 경로별 통행시간이 동일해지도록 최적 전환율을 산출하고 그에 따른 우회정보 제공으로 교통량을 분산시키는 기법이다.

2) 결정적 대기모형(Deterministic Queuing)을 이용한 교통류 분산 제어기법

결정적 대기모형을 이용한 교통류 분산 제어기법은 용량을 초과하는 수요가 발생하면 초과되는 본선 도로의 교통량을 우회경로로 배분시켜 용량을 초과하지 않도록 교통량을 분산 제어하는 전략으로 용량을 초과하는 차량 대수만큼 우회시키도록 최적 전환율을 산출하는 것을 기본으로 한다.

IV. u-TSN 운영전략 효과평가

1) 효과평가를 위한 시뮬레이션 구간설정 및 방법

모의실험을 위한 기본 네트워크는 우리나라 중부, 제2중부 고속도로 동서울 TG에서 호법 JC 까지의 구간을 1/3으로 축소된 모의 네트워크로 설정하였다. 이는 우회효과를 판단하기 위해 축소된 네트워크이며, 중부고속도로 경안IC로부터 2km 떨어진 지점에서 돌발 상황을 발생시켰다. 시뮬레이션은 총 60분으로 이루어지며 이 중 초기 10분의 결과는 분석에서 제외하도록 한다.

<표 1> u-TSN 운영전략 효과평가를 위한 시뮬레이션 설정

| 구분 | 본선경로 | 우회경로 |
|------------|---|----------|
| 해당도로 | 중부고속도로 | 제2중부고속도로 |
| 연장 | 약 12.5 km (2차로 고속도로) (실제 네트워크의 약 1/3) | |
| 시뮬레이션 수행시간 | 60분(준비시간 10분 / 분석시간 50분) | |
| 돌발 상황 발생시각 | 15분 후 | |
| 돌발 상황 지속시간 | 15분 | |
| 폐쇄차로 | 1, 2차선 | |
| 돌발 상황 발생위치 | 중부고속도로 경안 IC와 곤지암 IC 사이 (경안 IC로부터 약 2km) | |

u-TSN 운영전략 효과평가를 위한 시나리오인 기존 ITS에서의 가변전광판(VMS)을 이용한 교통정보 제공 시나리오의 전환율은 장정아(2005)의 연구를 통해 20%로 가정하였다.[5] 또한, u-TSN에서의 UVS 단말기 시장점유율을 정연수(2009)

의 연구를 바탕으로 최대 30%까지 가정하여 각각 5, 10, 15, 20, 30%의 시장점유율을 갖는 시나리오로 설정하였다.[6]

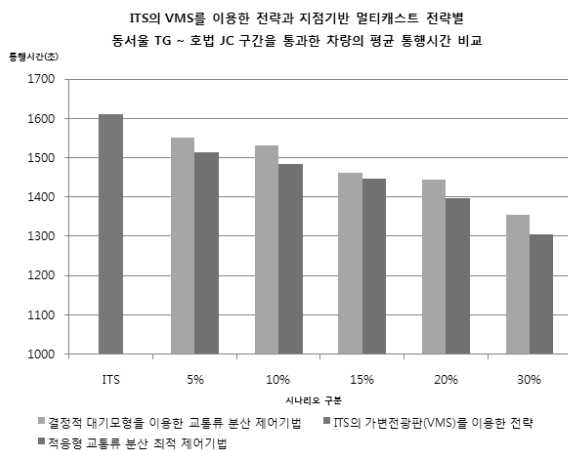
2) u-TSN 운영전략 효과평가 결과

앞서 수립한 전략을 통합시뮬레이터에 구현하여 도출된 결과는 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 교통정보 제공전략에 따른 차량의 평균 통행시간

| UVS 단말기 시장 점유율 | 동서울 TG → 호법 JC 통행 차량의 평균 통행시간(초) | | |
|----------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------|
| | 적응형 교통류 최적 분산제어 기법 | 결정적 대기모형을 이용한 교통류 분산제어 기법 | ITS의 가변전광판을 이용한 전략 |
| 5% | 1512.93 | 1551.65 | 1611.32 |
| 10% | 1484.33 | 1531.27 | |
| 15% | 1446.54 | 1460.99 | |
| 20% | 1397.44 | 1444.76 | |
| 30% | 1304.47 | 1353.78 | |

상기 제시한 결과를 바탕으로 ITS의 가변전광판을 이용한 교통정보제공 전략과 u-TSN의 지점기반 멀티캐스트 전략의 동서울 TG에서 호법 JC까지의 구간을 통과한 차량의 평균 통행시간 결과를 그림으로 나타내면 다음 <그림 6>과 같다. UVS 단말기의 시장점유율이 높아질수록 평균 통행시간이 감소하는 것으로 분석되었으며, UVS 단말기의 시장점유율이 30%일 경우 ITS의 전략과 비교하면 각 u-TSN 지점기반 멀티캐스트 전략은 약 16, 19%의 통행시간 감소 효과를 보였다. 또한, 결정적 대기모형을 이용한 교통류 분산 제어기법보다는 적응형 교통류 분산 최적 제어기법이 효과가 더 좋은 것으로 나타나 네트워크 최적화에 더 유용한 전략으로 판단된다.



<그림 3> ITS의 VMS를 이용한 전략과 지점기반 멀티캐스트 전략별 평가구간을 통과한 차량의 평균 통행시간 비교

V. 결론 및 향후연구과제

본 연구에서는 교통/통신 통합시뮬레이터를 개발하여 유비쿼터스 교통체계의 운영전략을 평가하였다. 본 연구는 교통/통신 통합시뮬레이터를 개발하여 교통, 통신 분야의 요소들을 반영할 수 있는 시뮬레이션이 가능하다는데 그 의미가 있다. 개발된 통합시뮬레이터를 통해 앞으로 유비쿼터스 교통체계의 교통류 분석, 교통·통신 분야를 연계한 연구의 시뮬레이션에 이용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 유비쿼터스 교통체계에 적용할 수 있는 교통류 분산제어 전략을 수립하고 그 효과를 통해 기존의 ITS에서보다 더 크게 통행시간 절감 효과를 보인데 그 의미가 있다.

본 연구는 유비쿼터스 교통체계에서 이용되는 통신 기술들을 완벽히 반영하지 못한 한계점이 있다. 현재 통신 분야에서는 유비쿼터스 교통체계에 적용가능한 대용량 데이터 처리 기술 및 적합한 MAC 프로토콜의 개발 등의 연구가 진행 중이다. 향후 유비쿼터스 교통체계에서의 통신관련 연구가 진행되면 통합시뮬레이터에 유비쿼터스 교통체계에서의 통신환경을 개선하여 적용함으로써 더욱더 신뢰성 있는 교통류 분석 프로그램으로 개발하여야 할 것이다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Avila et al.(2005), "A complete simulator architecture for inter-vehicle communication based intersection warning system", 8th IEEE Conference on ITS, Vienna, Austria, pp.461~466.
2. Chisalita et al.(2002), "A peer-to-peer approach to vehicular communication for the support of traffic safety application", 5th IEEE Conference on ITS, Singapore, pp.336~341.
3. Chen et al.(2001), "Ad hoc relay wireless networks over moving vehicles on highways", 2nd ACM Symposium on Mobile Ad Hoc Networking & Computing, Long beach, California, pp.247~250.
4. Leung et al.(2006), "Development of a microscopic traffic simulator for inter-vehicle communication application reserch", 9th IEEE Conference on ITS, Toronto, Canada, pp.1286~1291.
5. 장정아, 문병섭, 최기주(2005), "고속도로에서의 우회(국도) 교통정보 제공에 따른 경로전환효과분석", 대한토목학회논문집, 제25권 제2 D호, 221~226쪽.
6. 정연수, 김원규, 김민현, 김병중, 김승주(2009), "u-Transportation UVS 단말기 시장수요 예측", 정보통신설비학회논문지, 제8권 제4호, 157~162쪽.
7. Paramics User's Manual, <http://www.paramics-online.com>
8. QualNet User's Manual, <http://www.scalable-networks.com>