

유비쿼터스 교통체계(u-TSN)를 위한 교통정보제공 전략 수립 및 평가 방안

Traffic information strategy on u-TSN
(ubiquitous-Transportation Sensor Network)

이 민 희

(한국항공대학교 항공교통물류학부 대학원)

강 연 수

(한국교통연구원 첨단기술교통실 실장)

오 철

(한양대학교 교통시스템공학과 교수)

김 원 규

(한국항공대학교 항공교통물류학부 교수)

김 태 형

(한국교통연구원 첨단기술교통실 책임연구원)

김 병 중

(한국항공대학교 항공교통물류학부 교수)

목 차

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성
2. 연구의 목적

II. u-TSN

1. u-TSN
2. u-TSN의 구조

III. u-TSN 교통정보제공 전략 수립

1. 정보제공 전략
2. 교통·통신 통합 시뮬레이션의
교통정보제공 전략 평가 방법

IV. 결론

참고문헌

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

u-TSN(ubiquitous-Transportation Sensor Network)이란 vehicular ad-hoc 네트워크를 기반으로 이루어지는 유비쿼터스 개념의 교통 체계이다. 유비쿼터스 환경에서는 시스템의 효율화를 추구함은 물론 교통, 물류 네트워크 전체의 개혁이 이루어져 인간에 중심을 둔 교통 공간을 창조하게 된다. 즉 유기적(seamless)인 통합교통 환경을 구축하고 통행자를 위한 교통 서비스를 구현하여 안전하고 지속가능한 이동성(mobility)을 제공해준다.

이러한 u-TSN을 구축하기 위해서는 기존의 교통정보체계를 보완할 새로운 전략과 각 기술들에 대한 정의가 필요하다. 또한 교통정보의 제공은 정보가 우선적으로 수집, 가공된 후에 이루어질 수 있는 서비스이다. 따라서 유비쿼터스 교통체계에서의 교통정보제공 전략은 수집해야 할 자료의 종류와 수집방법, 가공과정

및 산출물과도 연관이 있다.

기존의 교통정보수집체계들(루프검지기, 영상, 비콘, DSRC 등)에는 검지원리, 설치 및 유지관리상의 문제점 등으로 신뢰성 있고 유용한 실시간 교통정보를 수집하는데 한계가 존재한다. u-TSN 교통정보수집체계는 실시간 구간 교통정보의 예측력 및 신뢰성을 향상시켜 보다 정확한 정보제공을 가능하게 하여 혼잡한 도로 환경을 해소하고 궁극적으로 도로네트워크의 이용효율을 극대화 할 것으로 기대한다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 유비쿼터스 교통체계의 교통정보제공 전략을 수립하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 우선 기존 ITS와의 차이점, u-TSN의 구조와 자료 수집 및 가공 방법에 대해 알아본 후 u-TSN 교통정보제공 전략을 수립하였다. 아울러 교통정보제공 전략의 효과를 평가할 수 있는 교통과 통신의 통합 시뮬레이션 개발 방안도 제시한다. Self-Organizing vehicular ad-hoc 네트워크를 통해 차량들과

시설물의 유기적인 정보 연계 체계를 구축하고 정확하며 신뢰성있는 교통정보를 제공할 것으로 기대된다.

II. u-TSN

기존 ITS에서 교통정보를 수집하는 방식은 크게 지점검지방식과 구간검지방식으로 나뉜다. 이러한 기존의 검지 방식에는 다음과 같은 몇 가지 한계점이 존재한다.

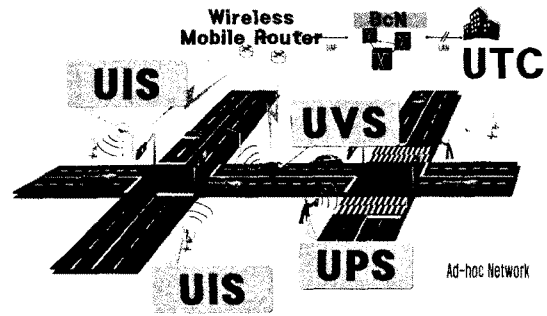
첫째, 교통정보의 공간적인 단절이 발생한다. 즉, 예를 들어 VMS의 설치지점을 지나기 전까지는 전방의 교통상황을 알기 어려우며, 돌발상황의 자동검지로 이벤트가 발생한 지점으로부터 충격파가 도달한 지점의 검지기를 통해서만 알 수 있다는 문제점이 존재한다. 둘째, 일부지점 및 구간의 정보를 수집하기 때문에 구간의 정확한 교통상황 및 통행시간을 추정하는데 시간지연(time lag)이 발생한다. 셋째, 단순 aggregate 수준의 자료수집으로 개별 차량 기반의 교통정보를 수집하여 활용하는 데 한계가 있다. 마지막으로 현재 ITS 시스템에서는 자료가 수집되면 TMC에서 가공, 처리되어 제공되는 centralized 시스템인 바([2]) 이 경우 필연적인 시간차(time gap)가 발생하고 돌발상황에 대한 신속한 대처가 어렵게 된다.

이러한 한계점들을 극복하기 위해서 u-TSN에서는 새로운 자료 수집 및 정보제공 전략이 필요하다. 아울러 V2V, V2I, I2I, I2P, V2P를 통한 교통정보 수집 및 전달을 통해 돌발 상황에 빨리 대처할 수 있어야 한다. 또한 centralized 시스템의 한계도 극복하여 현장에서 직접 수집된 실시간 자료의 처리, 가공, 제공이 가능하여야 한다.

1. u-TSN

건설교통부 국가교통핵심기술개발사업인 「u-Transportation 자료수집통합기술개발」의 1차년도 연구보고서에 정의된 u-TSN의 특성 및 구성요소와 기능별 역할은 다음과 같다. u-TSN에서는 교통체계를 구성하는 개별 차량, 통행자, 교통·통신 인프라 등이 교통정보를 수집

하고 전달하는 기능을 동시에 수행하고, 교통정보 수집, 가공, 제공이 지역(local)과 UTC(Ubiquitous Transportation Center)를 통해서 이루어진다.

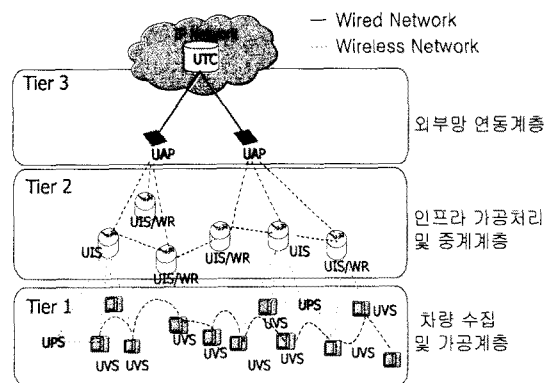


<그림 2-1> u-TSN 구성

u-TSN의 구성요소들은 저마다 통신기능을 수행할 수 있도록 센서가 부착된 노변장치 및 단말 장치를 각각 탑재하거나 보유하게 된다. 그러므로 u-TSN에서는 각 단말기 간의 센서를 통해 자료가 수집되고 가공된 정보가 전달된다. 이들 장치들은 UVS(Ubiquitous Vehicle Sensor), UIS(Ubiquitous Infra Sensor), UPS(Ubiquitous Pedestrian Sensor)로, 교통정보 센터는 UTC(Ubiquitous Transportation Center)로 정의된다.

2. u-TSN의 구조

u-TSN의 기능은 자료수집(교통데이터의 수집), 자료처리(수집된 교통데이터의 가공 및 분석, 정보전달(교통정보제공), 정보전송으로 구분된다. u-TSN의 기능이 수행되는 통신망 구조는 다음과 같다.



<그림 2-2> u-TSN 구조

Tier 1은 차량(사람)수집 및 가공계층으로 UVS와 UPS로 구성된다. 이 중 UVS는 차량 내의 상황을 감지하고 정보를 가공, 수집 및 전달, 표출하는 기능을 수행하며 vehicular ad-hoc 네트워크의 기본 단위가 된다. UPS는 운전자 및 보행자 개개인이 소지하게 되며 개인단말형태로 UVS와 UIS와의 통신을 통해 필요한 정보를 수집, 전달 및 가공한다.

Tier 2는 UIS, 즉 인프라의 가공처리 계층이다. 이 계층은 vehicular ad-hoc 네트워크의 정보전달 및 지역 정보처리 기능을 수행하며 노변의 작은 센터역할을 담당한다. 이곳에서 중앙 UTC의 기능을 분담하여 자료를 분산, 처리하고 돌발상황의 감지 및 인프라 환경 내에서 수집된 교통정보를 가공 및 제공하는 기능을 수행한다.

Tier 3은 AP계층 외부망 및 센터와의 연계를 위한 통신 물리계층이다.

이러한 구조를 가지는 u-TSN 통신망에서 자료의 실시간 처리 및 제공이 이루어지도록 Tier 1의 이동 중인 차량 망과 Tier 2 인프라의 고유망을 연계하는 교통데이터 수집 전용망을 구축하고 인프라 시설이 없는 도로에는 IP 기반 데이터 통신망을 구축한다. 그리고 정확한 정보가 실시간으로 제공되도록 고속 전송 기술과 높은 전송대역폭을 적용하며 노드 간 통신 중 발생할 수 있는 집중 트래픽에 대비하여 망계층을 분산설계하고 중복 수집되는 자료는 필터링(filtering)하여 처리한다.

III. u-TSN 교통정보제공 전략 수립

1. 정보제공 전략

vehicular ad-hoc 네트워크에서 특정 정보를 보유한 임의의 노드가 나머지 각 노드로 정보를 전달하는 전략은 지점 기반 정보제공 전략(position-based multicast strategy)과 에이전트 기반 정보제공 전략(agent-based broadcast strategy)으로 나뉜다.

지점 기반 정보제공 전략은 UTC에서 가공된 정보를 각 노드에게 제공하는 centralized 정보제공 전략이다. 이 전략은 I2V 통신으로 UIS를 통해 각 차량에게 정보를 제공하는 시스템

최적화 전략(system optimal strategy)이다. 기존 ITS 체계에서는 VMS를 통한 정보제공 전략이 여기에 해당된다.

에이전트 기반 정보제공 전략은 주어진 규칙에 따라 알아서 임무를 수행하는 에이전트를 이용하여 정보를 제공하는 decentralized 정보제공 전략이다. 에이전트 기반 정보제공은 고정된 인프라의 도움 없이 노드 자체와 에이전트가 이동성을 가지고 있으므로 네트워크의 독립성과 융통성을 높일 수 있다. 이 전략은 u-TSN의 V2V를 기반으로 차량 간 교통정보를 제공함으로써 수행되며 사용자 최적화 전략(user optimal strategy)에 해당된다. 기존 체계에서는 MBC idio를 통한 차량 내 내비게이션의 정보제공을 통해 이 전략이 적용되고 있다.

1) 지점 기반 정보제공 전략

(position-based multicast strategy)

본 절에서는 기존 정보제공 방법과 본 연구에서 제시하는 지점 기반 정보제공 전략과의 차이점을 설명한 후 구체적인 수행 전략을 수립하였다.

(1) multicast 정보전달 방식

① multicast 기본 개념

지점 기반 정보제공 전략에서도 고유의 노드가 다수의 특정 노드들에게 정보를 전송하는 multicast 방식으로 정보를 제공한다. 이때 정보를 전송하는 노드는 고정된 노드여야 하며 정보를 전달받는 노드는 모바일 노드일 수도 있고 고정노드일 수도 있다. 여기에서 multicast란 한 송신자가 여러 수신자에게 한번에 동일한 데이터를 전송하는 방식이다.

unicast(일대일 전송방식) 방식에서는 그룹 통신을 위하여 여러 수신자들에게 동일한 data를 전송할 경우 동일한 data packet을 각각의 수신자에게 여러 번 전송한다. 이러한 동일 packet의 반복 전송은 네트워크의 효율을 저하시키게 된다. 하지만 multicast 방식으로 data를 전송하면 중복전송으로 인한 네트워크의 자원 낭비를 최소화 할 수 있다. multicast가 주로 사용되는 분야는 인터넷 통신이다. 인터넷 상에서 같은 내용의 전자메일, 화상회의를 위

한 화상, 음성 데이터 등을 둘 이상의 다른 수신자들에게 동시에 전송할 때 사용한다.

② 지점 기반 multicast

지점 기반 정보제공 전략에서 ‘지점’ 즉 multicast를 수행하는 송신자는 바로 u-TSN의 UIS가 된다. UIS는 인프라와 차량 간의 통신 기능(I2V)과 다수 차량의 정보로부터 돌발 상황을 감지하는 기능을 통해 UIS 통신반경 내 차량의 주행자료(구간 통행시간, 위치, 속도, 교통량 등)를 수집하고, 돌발상황 발생 시 발생 지점에 새로운 노드를 생성하여 구간통행시간을 추정한다. 이렇게 수집, 가공된 정보를 I2V를 통하여 UIS 반경 내에 있는 차량들에게 전송한다. 이때 교통관리 전략상의 목적에 따라 불특정 다수의 차량이 아닌 UIS 반경 내의 정해진 수의 차량들에게만 정보가 제공된다.

(2) 지점 기반 multicast 전략

① 기존 정보제공 전략과의 차별성

기존의 지점 기반 정보제공 매체로는 VMS가 있다. VMS를 통해 제공되는 정보는 주로 혼잡, 돌발상황 발생 정보, 또는 구간소통에 대한 정보이며, 도로의 특정 지점에 설치된 VMS로부터 그 지점을 포함한 일정구간 내 모든 차량은 전광판에 표출된 정보를 인식하게 된다.

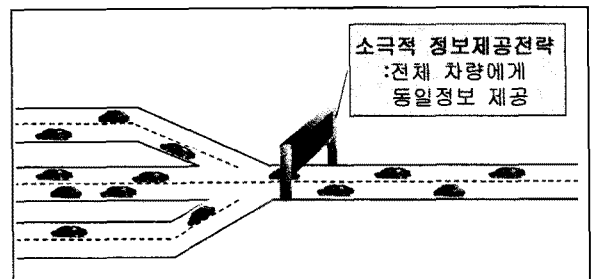
기존의 VMS 전광판을 통한 정보제공 전략의 문제점은 해당구간의 전체 차량에게 동일 정보를 제공하므로 소극적인 수준의 정보제공에 머무른다는 것이다. 돌발상황 발생 시 그 도로를 통행하고자 하는 차량들에게 우회정보를 제공하여 도로의 혼잡, 지체를 최소한으로 줄이고 전체 네트워크의 최적화를 이루는 것이 교통관리 전략의 목적이다. 이때 교통우회 전략이 효과적으로 작용하려면 적정 우회교통량이 산정되고 이에 다른 교통류 우회전략이 수행되어야 한다. 또한 복수의 우회경로가 존재하는 경우 본선의 교통상황과 각 우회경로의 교통상황 등 네트워크 전체의 교통 혼잡 상태를 반영한 우회전략을 수립하고 대안 경로별 적정 우회율을 적용하여 차량들에게 구간별로 각각 다른 우회정보를 제공해주어야 한다. 하지만 현재의 지점 기반 정보제공 방식은 돌발상황 발생 위치

및 대기행렬 길이 변화에 따른 영향을 고려하지 못함으로 실시간 교통상황을 반영하지 못하고 있다([3]). 또한 구간소통정보나 우회정보가 해당구간 전체 차량에게 동일하게 제공되기 때문에 운전자들이 그 정보에 과도하게 반응하여 일부 경로에 차량들이 과도하게 집중할 수도 있다. 그래서 대안으로 제시된 우회경로가 또 다른 혼잡구간이 되어 전체 네트워크의 악화를 초래하게 된다.

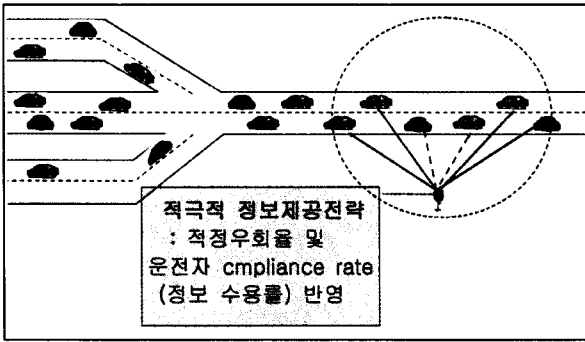
② u-TSN의 지점 기반 정보제공 전략

u-TSN의 UVS 및 UIS는 dynamic link 체계를 기반으로 자체적으로 구간통행시간을 산출하는 기능을 수행한다. 예를 들어 교통사고가 발생하면 그 지점을 노드로 지정하여 새로운 링크가 생기고, 구간통행시간을 실시간으로 갱신한다. 이렇게 산출된 교통류관리 차원의 정보를 UIS에서 통신 반경 내 차량들에게 multicast로 전송해준다. UTC에서는 교통류관리를 위해 경로가 전환되어야 하는 차량대수와 전환 경로 등을 지정하여 UIS로 보내고 UIS에서는 이러한 전략에 따라 차량들에 대해 선별적으로 우회경로를 제공한다. 즉 단일의 대안 경로를 산정하여 통신반경 내 모든 차량에게 동일한 우회경로 정보를 제공하는 것이 아니라 전체 네트워크가 최적화 되도록 여러 우회경로 정보를 제공하는 것이다. 우회경로 및 우회율이 산정되면 UIS 통신 반경 내 주행 중인 차량을 군집하여 그룹별로 다른 우회경로를 제공해준다. 이때 하나의 군집에게 multicast방식으로 정보를 전송하게 된다.

즉 u-TSN의 지점 기반 정보제공 전략으로 전체 차량에게 단일의 최적경로를 제공하는 것이 아닌 차량 군집별 우회경로를 제공하여 전체 네트워크의 최적화를 이룰 수 있다.



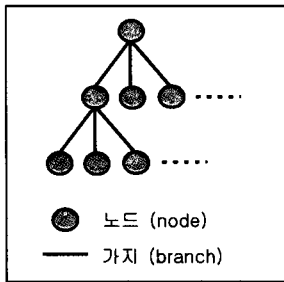
<그림 3-2> VMS의 기본우회정보제공



<그림 3-3> UIS의 지점 기반 정보제공

(3) 지점 기반의 multicast 방법

vehicular ad-hoc 네트워크에서 packet이 전달되는 경로의 목적지는 모바일 노드들(차량)이다. 각 모바일 노드로 packet이 multicast되려면 네트워크 내 노드들로 분산(distribution) 트리구조를 만들어야 한다. 이 분산 트리구조의 첫 번째 송신자 노드에서 최종 목적지가 되는 각각의 노드들로 동일한 packet들이 노드와 노드를 연결해 주는 가지(branch)를 타고 전송된다.



<그림 3-4> 분산 트리구조

packet들이 전송될 때 서로 같은 가지로 가서 충돌하지 않으려면 다음의 두 조건을 만족시켜야 한다([5]).

- 각 목적지로 전송되는 경로의 길이가 목적지별로 가능한 짧아야 한다.
- 모든 목적지로 정보가 전송될 때 필요한 전체 hopping수가 가능한 작아야 한다.

첫 번째 최단 경로를 찾아가는 조건은 분산 트리구조로 만족시킬 수 있고, 두 번째 최소 hopping 수로 해당 목적지에 도달해야 한다는 조건은 Steiner 트리구조로 만족시킬 수 있다([6]). 하지만 이 두 트리구조는 동시에 사용할 수 없기 때문에 지점 기반 multicast 방식을 이용하여 이 두 조건을 만족시키면서 packet들

간 충돌을 유발하지 않고 각 packet을 해당 목적지까지 전송시킬 수 있다. 지점 기반의 multicast의 송신 노드는 packet들을 넘겨 줄 노드들을 인접 노드에서 찾게 되는데, 이렇게 인접 노드 중 packet들을 넘겨받게 되는 노드를 next hop 노드라고 한다. 인접 노드들이 next hop 노드가 되려면 Greedy Multicast Forwarding의 최소화 식을 만족해야 하고 현재 packet을 보유하고 있는 노드에게 next hop 노드로 결정할 인접 노드가 없다면 Perimeter Multicast Forwarding으로 진행한다.

① Greedy Mulcast Forwarding

next hop 노드 집합을 결정하기 위해 전송 노드는 다음 식을 최소화한다([7]).

$$f(w) = \lambda \frac{|w|}{|M|} + (1 - \lambda) \frac{\sum_{z \in Z} \min_{m \in w} (d(m, z))}{\sum_{z \in Z} (d(k, z))}$$

k : 전송 노드

N : k 의 모든 인접 노드의 집합

W : N 의 부분집합들의 집합

Z : 목적지 노드의 집합

$d(x, y)$: 노는 x, y 사이의 거리를 측정하는 함수

이 식의 첫 부분은 packet이 전송될 인접 노드의 수를 의미하고, 나머지 부분은 각 최종 목적지까지 남은 거리를 계산한다. next hop 노드 $w \in W$ 가 주어지면 next hop 노드들의 평균 개수가 식의 첫 번째 부분에서 계산되어 결정되고, 두 번째 부분에서는 현재 노드에서 모든 목적지까지 남은 평균 거리가 계산된다. 만약 λ 가 0에 가까우면 multicast packet은 초기에 분리되고, λ 가 1에 가까우면 다음 목적지로 전송되기 직전에 분리된다.

② Perimeter Multicast Forwarding

greedy multicast forwarding 적용 시, packet이 다음 목적지로 진행하고자 할 때 인접 노드가 없는 상황이 발생할 수도 있다. 이때 right hand 규칙을 변형하여 적용하므로 해결할 수 있다([7]). 기본적인 개념은 greedy forwarding에 다다를 때 네트워크 내에서 노드와 노드 간 격의 경계선을 반복하여 수정하는 것이다.

지점 기반의 multicast를 수행하는 노드 중 하나가 가지고 있는 packet을 전송할 인접 노드가 없다는 것이 발견되면 그 packet이 전송되기로 한 최종 목적지까지의 경로는 초기화된다. 그리고 나머지 목적지들을 위해 Greedy Multicast Forwarding이 계속 수행된다.

2) 에이전트 기반 정보제공 전략

(agent-based broadcast strategy)

본 절에서는 에이전트 기반 정보제공 전략에서 정보를 전달하는 broadcast 방식에 대해 알아보고 기존 정보제공 방법과 본 연구에서 제시하는 에이전트 기반 정보제공 전략과의 차이점을 설명한 후 구체적인 수행 전략을 수립하였다.

(1) broadcast 정보전달 방식

① broadcast 기본 개념

에이전트 기반 정보제공 전략은 broadcast 방식으로 정보를 제공한다. 송신 노드는 모바일 노드이고, 수신 노드들은 대다수가 모바일 노드(차량)이지만 고정노드(인프라)가 될 수도 있다. 여기서 broadcast란 고유의 노드가 범위 내 모든 노드들에게 정보를 전송하는 방식이다. 즉, 전송이 가능한 모든 곳으로 정보를 전송하는 통신방식을 broadcast라고 한다.

에이전트 기반 정보제공 전략에서 에이전트의 속성은 다음과 같다([4]).

- 인식능력(cognitive ability)
각 에이전트는 주어진 임무의 목표를 인지하여 임무 수행 시 필요, 또는 불필요한 과정과 절차를 구별하고 판단한다.
- 반응능력(reactive ability)
기존의 data가 아닌 실시간적인 자극에 의한 대응으로서 행동하는 능력을 의미한다.
- 자율적 업무수행(autonomy)
사람이 개입하지 않아도 에이전트 자체가 상황을 파악하여 해당 임무를 수행한다.
- 사회성(social ability)
필요에 따라 다른 에이전트들과 정보를 교환(interface)한다. 이것은 차량 간 통신(V2V)이 가능하다는 것을 의미한다.
- 환경 적응성(responsiveness) 및 대처능력

(pro-activeness)

환경이 변화해도 적절히 대처할 수 있다.

- 습득능력 (learning ability)
임무를 효과적으로 수행하기 위해 관련정보를 지속적으로 습득하여 업데이트한다. 각각의 에이전트는 과거의 경험에서 정보를 습득하거나 다른 에이전트와의 정보교환으로 자체 정보를 갱신한다. 이로써 시간이 지날수록 database가 확장되어 임무 수행시 오차가 감소한다.

② 에이전트 기반 broadcast

u-TSN의 '에이전트'는 차량에 탑재된 UVS 단말기가 가지고 있는 정보의 속성이라고 보된다. 즉 에이전트 기반 정보제공 전략은 V2V와 차량에서 인프라로 정보를 제공하는 V2I를 통한 자료수집, 가공 및 정보제공 전략이다.

(2) 에이전트 기반 broadcast 전략

① 기존 정보제공 전략과의 차별성

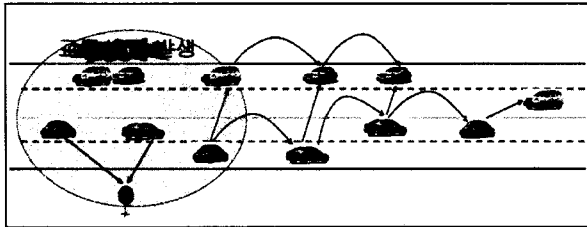
기존 정보제공 서비스 중 에이전트 기반은 아니지만 주행 중인 개별 차량(모바일 노드)에게 무선망으로 직접 정보를 전송해주는 교통정보제공 서비스들은 존재한다. 이러한 교통정보제공은 버스와 택시에 설치한 GPS 단말기나 비콘과 같은 무선 노변센서로 자료를 수집한 후, 수집된 자료를 중앙 센터로 보내 가공, 처리과정을 거쳐 해당 차량들에게 교통정보를 제공한다. 각 차량들은 휴대폰을 매개로 한 CDMA방식이나 FM부반송파를 통하여 정보가 전달된다. 제공되는 정보는 길안내 정보, 위치 정보, 통행속도나 통행시간에 대한 정보이다. 전술한 바와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

② u-TSN의 에이전트 기반 정보제공 전략

u-TSN의 에이전트 기반 정보제공 전략에서 UVS는 차량 내 탑재된 단말기로 개별 차량의 위치, 시간 등의 정보를 수집하여 자체적으로 통행시간을 산출한다. 돌발상황이 발생하면 자체 센서를 이용하여 돌발상황을 감지하고 돌발상황의 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 반경 범위 내 모든 차량에게 정보가 broadcast되는 것이다. 이때 UIS로 전송된 정보는 UTC로 전달되어 전송한 지점 기반 전략에 의해 가공되고 이렇게 가공된 정보는 다시 UIS를 통해 각 차량에게 제공된다. 또한 UIS는 V2V 정보제공의 보조적 역할도 수행해야 하는데 V2V를 통해 정보가 hopping되는 수와 반경 등을 제한하는 역할을 한다.

u-TSN의 에이전트 기반 정보제공 전략은 기존 정보제공 서비스에서는 제공할 수 없었던 실시간 정보제공이 가능하다. 기존의 정보제공은 일정시간 단위로 정보가 업데이트되지만, u-TSN에서는 UVS가 자동적으로 정보를 업데이트한다. 또 센터를 거쳐 가공된 정보가 제공될 뿐만 아니라 주행 중인 다른 차량으로부터 즉각적인 자료를 수집하는 것이므로 제공정보의 실시간성이 향상된다.



<그림 3-6> UVS의 에이전트 기반 정보제공

한 차량으로부터 broadcast될 때 동일 방향의 차선만이 아닌 반대방향 차선의 차량들에게도 정보가 전송된다. 정보를 전송받은 반대방향 차선의 차량이 주행 중에 계속 broadcast하게 되면 동일 진행방향의 하류부의 차량들이 도로 상류부의 상황을 빨리 인지할 수 있으므로 변화하는 도로상황에 맞게 실시간으로 개별 최적 경로를 업데이트하게 된다. 특히 돌발상황이 발생했을 때 사고지점에서 멀리 떨어진 하류부의 차량이라도 이러한 과정을 거쳐 목적지까지의 경로와 소요시간을 계속 갱신하여 더 나은 개별 경로를 찾게 된다.

결국 V2V를 통한 에이전트 기반의 정보제공 전략을 통해 진정한 의미의 사용자 최적화(user optimality)에 근접하는 정보제공 전략이 수행될 수 있게 된다.

(3) 에이전트 기반의 broadcast 방법

① 모바일 에이전트 네트워크

에이전트 기반의 broadcast는 다음과 같은 과정으로 이루어진다([9]). 네트워크 내에 n개의 노드가 있다가 가정할 때, 각 노드는 주기적으로 자신의 존재를 알리기 위해 주변 노드들에게 broadcasting한다. 이 broadcast되는 packet은 현재 노드의 위치 정보와 packet이 전송된 시간을 포함하고 있다.

모바일 에이전트의 broadcast를 위해서는 n개의 지역 위치 테이블과 한 개의 권역 위치 테이블이 필요하다. 먼저 지역 위치 테이블은 모든 노드마다 저장되어 다른 노드의 위치 정보를 포함하고 있고 권역 위치 테이블은 모바일 에이전트 안에 저장되어 모든 노드의 위치 정보와 해당 에이전트가 다음 목적지로 어디를 선택할지 결정할 때 필요한 정보를 포함하고 있다.

모바일 에이전트 네트워크에서 모든 노드들은 n개 노드들의 입력 정보를 저장할 수 있는 비어있는 지역 위치 테이블을 가지고 있다. 이 지역 위치 테이블은 다음과 같은 정보들로 채워진다.

- ID - 노드 ID
- loc_inf - 노드 위치 정보
- last_update_time - 위치 정보의 타임 스탬프(time stamp)

권역 위치 테이블의 입력 정보는 위 세 가지 내용과 아래의 것을 포함한다.

- v_bit - 노드에 패킷이 지나갔는지 아닌지 알려주는 불(boolean) 매개변수

지역 위치 테이블은 두 가지 방법으로 갱신된다. 첫째, 매 시간마다 노드는 packet을 전송받고, 인접 노드들을 위하여 자체 지역 위치 테이블의 입력 정보를 갱신한다. 둘째, 에이전트가 어느 한 노드를 거쳐 가면 권역 위치 테이블과 지역 위치 테이블 둘 다 타임 스탬프에 기반을 두어 갱신된다. 다시 말해, 한 테이블의 갱신된 입력 정보가 또 다른 테이블에 입력되는 것이다. 이러한 갱신 과정을 마치면 에이전트는 다른 노드로 전송된다. 이때 가장 최근 갱신한 노드와 에이전트는 모든 전송된 노드들의 고유 위치 정보를 가지고 있게 된다.

에이전트가 권역 테이블 안에 존재하는 모든 노드를 거치고 나면 해당 에이전트는 주어진 시간동안 접근했던 노드들 중 마지막으로 접근했던 노드에서 멈춘다.

② 라우팅 프로토콜의 조건

모바일 에이전트 네트워크에서 노드의 빠른 이동에 따른 위상 변화에 적용 가능한 라우팅 프로토콜이 필요하다. 모바일 ad-hoc 네트워크에서 동작하는 라우팅 프로토콜에는 기존의 고정된 네트워크에서 동작하는 라우팅 프로토콜과 구별되는 다음과 같은 몇 가지의 요구사항이 있다([10]).

- vehicular ad-hoc 네트워크를 구성하는 각 노드들은 그들의 이동성에 제한이 없어야 하므로 임의의 노드에 대해 자주 발생하는 링크의 설정이나 해제 시에도 네트워크의 동작에 영향을 미쳐서는 안 된다.
- packet들이 네트워크를 무한히 떠도는 경우를 구조적으로 막을 수 있는 프로토콜이 요구된다.
- 네트워크에 트래픽이 균일하게 분포되기보다 필요에 따른 트래픽 패턴에 적용할 수 있는 라우팅 알고리즘이 필요하다.
- 기존의 양방향 링크 알고리즘만이 아닌 단방향 링크의 존재도 수용할 수 있는 알고리즘이 필요하다.

2. 교통·통신 통합 시뮬레이션의 교통정보 제공전략 평가 방법

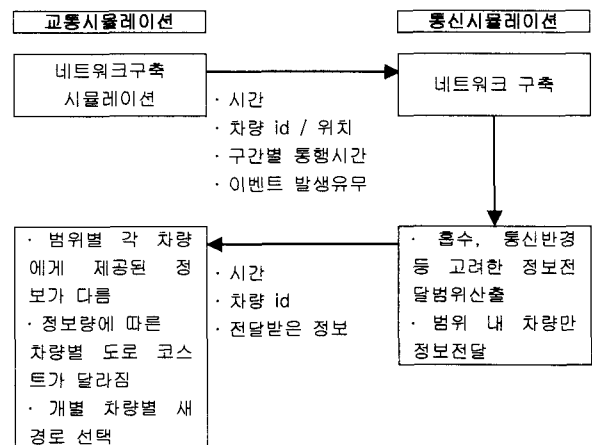
유비쿼터스 교통체계에서 전술한 교통정보 제공 전략에 의해 교통정보가 각 차량들에게 제공되면 전체 네트워크의 최적화 및 사용자의 최적화에 가까워진다. 이러한 교통정보제공 전략을 평가하기 위해서는 미시적 교통류 시뮬레이터와 통신 시뮬레이터가 통합된 시뮬레이션 시스템이 필요하고, 건설교통부 국가교통핵심기술개발사업인 「u-Transportation 자료수집통합기술개발」 과제에서는 미시적 교통-통신 통합 시뮬레이션 플랫폼인 TraCISS를 개발하고 있다. 그 구조 및 특징은 다음과 같다.

1) TraCISS의 기본 구조

TraCISS (Traffic Communication Integrated Simulation System)는 교통 시뮬레이션과 통신 시뮬레이션을 통합한 시뮬레이션 시스템이다. 이 통합 시뮬레이터를 구성하는 교통 시뮬레이터로는 미시적 교통류 시뮬레이터 모델의 하나인 AIMSUN을 사용하였고, 통신 시뮬레이터로는 open source 기반의 네트워크 시뮬레이터인 NS-2 프로그램과 통신 네트워크 성능을 예측할 수 있는 소프트웨어인 QualNet을 사용하였다. 개별 시뮬레이터에 대한 특성은 다음과 같다.

- AIMSUN : 미시적 교통류 시뮬레이션으로 단위 시간 별로 네트워크 내 개별 차량의 행동을 연속적으로 파악하여 분석한다. 여기에는 car-following, lane changing 이론이 적용되어 있으며, HLA(High Level Architecture) 개념의 통합 시뮬레이션을 가능하게 하는 API기능이 포함되어 있다.
- NS-2 : 이벤트 타이밍을 기반으로 하는 discrete event 시뮬레이터이다. NS-2의 가장 큰 장점은 open source의 시뮬레이터로 최신 기술 동향에 따른 모델들이 빠르게 제공된다는 것이다.
- QualNet : QualNet은 시뮬레이션과 에뮬레이션을 통해 네트워크의 성능을 예측하는 네트워크 모델링 소프트웨어로 수많은 노드를 가진 네트워크에서 높은 성능을 보인다. 또한 상당히 높은 수준의 HLA 지원 기능이 존재한다.

TraCISS V.1.0 의 기본 구조는 다음과 같다.

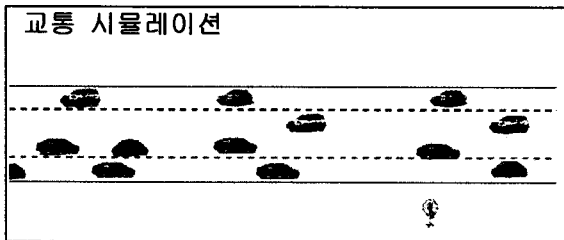


<그림 3-7> TraCISS V.1.0의 기본 구조

2) 시뮬레이션 작업 수행 단계

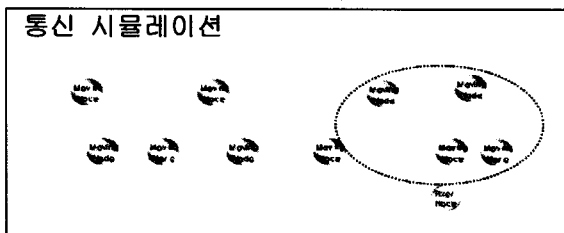
교통 시뮬레이션과 통신 시뮬레이션의 통합으로 유비쿼터스 교통네트워크와 동일한 vehicular ad-hoc 네트워크를 구축하여 실시간 정보제공에 의해 전체 도로 네트워크가 얼마만큼 최적화되는지 평가할 수 있다. TraCISS의 기본 수행과정은 아래와 같다

- 교통 시뮬레이션 상에서 u-TSN 상황에 맞는 교통 네트워크가 구축이 된다. 각 차량은 센서를 부여받은 UVS가 된다.



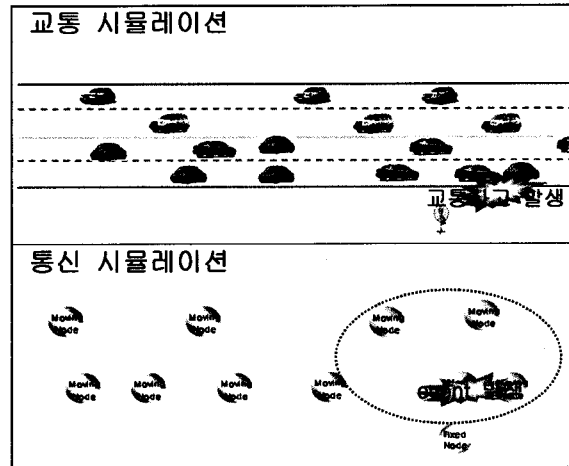
<그림 3-8> 교통 네트워크 구축

- 교통 네트워크가 구축이 되면 통신 시뮬레이션 상에서도 동일한 네트워크가 구축된다. vehicular ad-hoc 네트워크라는 상황에서 인프라는 고정된 노드로 각 차량은 모바일 노드로 구축된다.



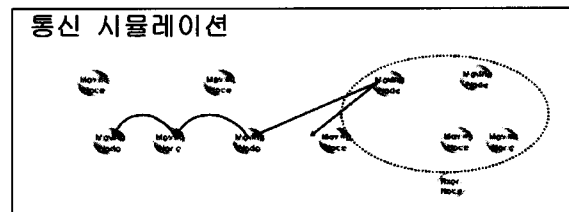
<그림 3-9> 통신 네트워크 구축

- 교통 시뮬레이션에서 각 차량별 id, 차량 간 이격거리, 속도, 시간 정보와 사고와 같은 event 정보, UIS와 같은 인프라 정보, 교통 상황에 대한 정보들이 통신 시뮬레이션으로 전송되어 통신 네트워크 내의 각 해당 노드의 속성으로 입력된다. 이 때 교통 시뮬레이션에서 넘겨받은 미시적 교통류 정보에 의해 통신 노드들의 위상(토폴로지)도 계속하여 변하게 된다.



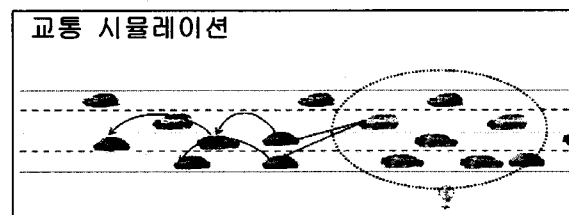
<그림 3-10> 통신 시뮬레이션 정보 입력

- 통신 시뮬레이션에서 네트워크가 구축이 되면 u-TSN의 자료수집, 가공 및 제공 기술인 I2V, V2V를 통신 네트워크 상에 구현하게 된다. 즉 통신되어야 할 정보를 보유한 노드들의 가능 hopping수, 통신 반경 등을 고려하여 네트워크 내 다른 노드들로 정보 수집 및 제공이 이루어지는 과정을 모사하게 된다.



<그림 3-11> 통신 시뮬레이션에서 정보 전달

- 통신 시뮬레이터에서 시뮬레이션된 결과가 다시 교통 네트워크에 입력이 되면 교통 네트워크에서는 도로 상황에 대한 정보를 소유한 차량과 그렇지 않은 차량으로 나뉘어 시뮬레이션을 수행한다.



<그림 3-12> 통신 시뮬레이션 결과의 교통 네트워크 반영

- 즉 네트워크 내의 각 차량마다 가지고 있는

정보량의 차이에 따라 도로를 판단하는 코스트가 변하고 개별 차량별로 새로운 경로를 선택하게 된다.

- 이에 따라 교통 시뮬레이션 상에서 변하게 된 교통 상황은 다시 통신 시뮬레이터로 전달되고 상기의 과정을 반복하게 된다.

IV. 결론

본 연구에서는 u-TSN과 기존 ITS와의 차이점, u-TSN의 구조와 자료 수집 및 가공 방법에 대해 알아본 후 u-TSN의 교통정보제공 전략을 수립하였다. 또 전략의 효과를 평가할 수 있는 교통과 통신의 통합 시뮬레이션의 개발 방안도 제시하였다. u-TSN 교통정보제공 전략을 시스템 최적화를 위한 지점 기반 정보제공 전략(position-based multicast strategy)과 사용자 최적화를 위한 에이전트 기반 정보제공 전략(agent-based broadcast strategy)으로 나누어 수립하였다. 이러한 정보제공 전략의 효과를 평가하는 통합 시뮬레이션은 TraCISS V.1.0로 현재 건설교통부 국가교통핵심기술개발사업인 「u-Transportation 자료수집통합기술개발」 과제를 통해 개발되고 있다.

본 연구의 결과를 바탕으로 향후 연구에서는 우선 TraCISS에 의한 전문적인 전략들의 상세한 평가가 이루어져야 하며 에이전트 기반의 정보제공 전략을 위한 구체적인 라우팅 기법을 개발하여 적용해야 한다. 그리고 차량 간 hopping 시 그 횟수와 전달 범위를 어떻게 제한 할 것인지, 반대 방향의 차량에게는 어떻게 정보를 전달할 것인지에 대한 구체적인 방안도 연구되어야 한다. 또한 모바일 노드의 네트워크에서 차량은 계속 움직이므로 UIS나 UVS 유효 반경 범위 내에 차량의 진, 출입이 짧은 시간 동안 빈번하게 발생되는데, 이때 과연 어느 범위까지 자료를 수집하며 정보를 제공할 것인지 역시 향후 남겨진 중요 연구과제이다.

유비쿼터스 교통체계를 통해 이용자를 위한 첨단 교통서비스가 제공되면 현재 수동적인 교통관리 전략이 능동적인 전략으로 변하게 될 것이다. u-TSN을 통해 더욱 유기적이고 seamless한 실시간 교통정보의 소통을 가능하

게 하므로 현재보다 훨씬 더 쾌적하고 효율적인 교통 환경이 형성될 것이다.

후기

본 연구는 건설교통부 국가교통핵심기술개발사업(2007) 「u-Transportation 자료수집통합기술개발」 과제의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] 한국교통연구원(2007), 「u-Transportation 자료수집통합기술개발」, 1차년도 연구보고서, 건설교통부 국가교통핵심기술개발사업.
- [2] 홍승표, 오철, 김태형(2007), "V2V기반 교통정보 수집시스템(u-TSN)설계 기초연구", 대한교통학회 56회 학술발표회, 대한교통학회, pp 424~434.
- [3] 이창우, 정진혁(2006), "운전자 행태를 고려한 VMS의 실시간 경로안내 정보제공에 관한 연구", 대한교통학회지 제24권 7호, pp 65~79.
- [4] 이종호 (2003), "교통시스템분석 시 에이전트 기반모형기법의 적용", 대한교통학회지 제 21권1호, pp 147~156.
- [5] M. Mauve, H. Fuler, J. Widmer, and T. Lang(2003), "Poster:Position-Based Multicast Routing for Mobile Ad-Hoc Networks", Technical Report TR-03-004, Department of Computer Science, University of Mannheim.
- [6] F. K. Hwang, D. S. Richards, and P. Winter(1992). "The Steiner tree problem", Annals of discrete mathematics 53.
- [7] B. Karp and H. T. Kung(2000), "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks", In Proc. of ACM MobiCom, pp 243~254.
- [8] Xia Jiang and Tracy Camp, "An Agent-based Location Service for Ad Hoc Networks", <http://toilers.mines.edu/papers/>
- [9] K.A. Amin, J.T. Mayes, and A.R. Mikler (2001), "Agent-based distance vector routing", In MATA, pp 41~50.
- [10] V.Park and M.S. Corson(1997), "A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks", Proc. IEEE INFOCOM '97, Kobe, Japan.