▣ 論 文 ▣

유비쿼터스 교통환경을 위한 연속류 정체예방관리 알고리즘

Preventive Congestion Management Algorithm for Ubiquitous Freeway System

박 은 미
(목원대학교 도시공학과 교수)

목 차

Ⅰ. 연구의 배경 및 목적
Ⅱ. 알고리즘 개발 절차
Ⅲ. u-연속류 정체예방관리 개념
Ⅳ. u-연속류 정체예방관리 알고리즘
Ⅴ. 결론 및 향후과제
참고문헌

Key Words : 교통류 안정성, 정체예방관리, 속도관리, 유비쿼터스 교통, 차량군관리
Traffic Flow Stability, Preventive Congestion Management, Dynamic Speed Control, Ubiquitous Transportation, Platoon Control

요 약

유비쿼터스 교통환경에서는 개별차량의 위치, 속도 등 미세한 데이터 수집이 가능하며, V2V (Vehicle-to-Vehicle), V2I(Vehicle-to-Infra) 양방통신이 가능해 짐에 따라 개별차량 혹은 차량군단위의 미세 제어가 가능해 진다. 이와 같이 기존 ITS 환경과 차별화되는 유비쿼터스 교통환경에 합당한 새로운 교통관리 개념을 정립하는 것과 이러한 개념을 실현할 알고리즘 개발도 필요하다. 이에 본 논문에서는, 교통류 안정성 유지를 통하여 사고발생 잠재력을 최소화시키고 생산성 저하를 방지하는 예방차원의 u-연속류 정체예방관리 서비스를 정의하고 알고리즘을 개발하였다. 이러한 u-연속류 정체예방관리 알고리즘에는 다음과 같은 요소기술 개발이 포함된다. 첫째, 유비쿼터스 교통센터 네트워크에서 수집된 개별차량 데이터를 처리하여, 3차원의 속도/교통량/밀도 프로파일을 구성하는 기술. 둘째, 차량군과 충격파 프로파일을 추출하는 기술. 셋째, 위의 데이터 처리를 통하여 교통류 안정성을 판단하고 교통상황을 구분하는 기술. 넷째, 교통 상황별 적정속도 산정 기술. 다섯째, V2V, V2I 통신환경을 이용한 개별차량 혹은 차량군 단위 적정속도 제공 기술. 기존의 ITS 환경의 사후관리와 비교할 때, 본 연구에서 제안하는 정체예방관리는, 예방적 차원의 사전관리라는 점에서 진일보한 교통류 관리이다. 향후 유비쿼터스 교통 환경을 모사할 수 있는 시뮬레이션 모형 개발이 필요하며, 테스트 베드를 구축하여 현장실험을 시행하고 알고리즘에서 요구되는 문턱치를 결정하는 것도 필요하다.

The ubiquitous transportation system environments make it possible to collect each vehicle's position and velocity data and to perform more sophisticated traffic flow management at individual vehicle or platoon level through V2V and V2I communication. It is necessary to develop a new traffic management paradigm to take advantage of the ubiquitous transportation system environments. This paper proposed a preventive congestion management algorithm for uninterrupted flow, whose goal is to minimize the incident potential and maximize the productivity by maintaining traffic flow stability. The algorithm includes the following steps: Processing the raw data to produce the 3-dimension speed/flow/density profile and to produce the platoon profile and the shock wave profile, Determining the traffic state and the flow stability based on the processed data, Deciding the desirable speed the according the traffic flow state, and finally Providing the desirable speed information. It remains as further work to perform field experiments and calibrate the algorithm parameters.

본 연구는 2008년도 국토해양부 국가교통핵심기술 개발사업의 지원으로 수행되었음. 본 연구 결과는 저자 개인의 의견으로 향후 변경될 수 있음.

Ⅰ. 연구의 배경 및 목적

유비쿼터스 교통체계란, 유비쿼터스 교통 센서 네트워크(uTSN: Ubiquitous Transpor- tation Sensor Network)로 이루어지는 새로운 개념의 교통시스템이다. 이 유비쿼터스 교통 센서네트워크에서는, 차량과 노변장치 등이 ad-hoc 네트워크로 구성되어 교통정보수집, 구성요소간 정보교환, 센터에서 가공된 정보전달 등이 이루어지게 된다 (1-4). 유비쿼터스 교통환경에서는 개별차량의 위치, 속도 등 미세한 데이터 수집이 가능하며, V2V(Vehicle-to-Vehicle), V2I(Vehicle-to-Infra) 양방통신이 가능해 짐에 따라 개별차량 혹은 차량군단위의 미세 제어가 가능해 진다 (5). 기존 ITS 환경과 비교할 때, 유비쿼터스 교통환경에서는 이와 같은 차별성이 존재하며, 따라서 이에 합당한 새로운 교통관리 개념을 정립하는 것과 이러한 개념을 실현할 알고리즘 개발도 필요하다.

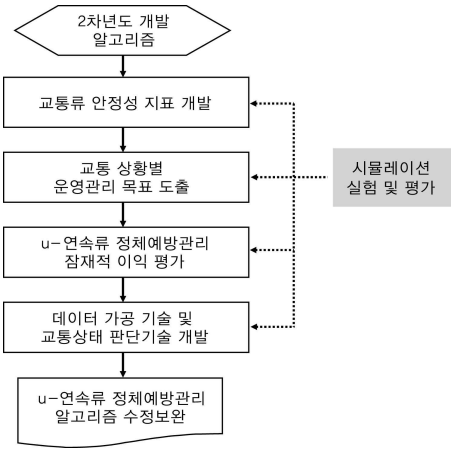
본 연구의 목적은 유비쿼터스 환경에서 연속류 정체예방관리를 실현하기 위한 알고리즘을 개발하는 데에 있다. 이를 이하에서는 u-연속류 정체예방관리 알고리즘으로 지칭하도록 한다. 본 논문은 제Ⅱ장에서 연구개발 절차를 제시하고, 이러한 연구개발 절차에 입각하여 제Ⅲ장에서는 정체예방관리의 개념을 소개하고 제Ⅳ장에서는 개발한 알고리즘을 단계별로 설명하는 것으로 구성된다.

Ⅱ. 알고리즘 개발 절차

u-연속류 정체예방관리 알고리즘 개발은 <그림 1>과 같은 절차를 통해 이루어졌다. u-연속류 정체예방관리의 개념을 정립하였고, 이러한 개념을 실현하기 위한 알고리즘을 개발하였다. 이 알고리즘 개발에 있어, 교통류 안정성 지표 개발, 교통상황별 운영관리 목표 설정 등을 위하여 실험과 평가가 필요하다. 따라서 시뮬레이션 실험과 병행하여 알고리즘 개발이 이루어졌고, 시뮬레이션 실험 결과를 반영하여 알고리즘이 완성되었다. 이들 시뮬레이션 실험을 통하여 도출된 결과에 대한 설명은 지면의 제약으로 인하여 별도의 논문[1]에 수록하였다.

Ⅲ. u-연속류 정체예방관리 개념

선행연구(5)에서 기존 ITS 환경에서는 불가능했던



<그림 1> 알고리즘 개발 흐름도

<그림 2> u-연속류 정체예방관리 정의

유비쿼터스 통신 및 센서네트워크 환경에서의 연속류 정체예방관리 구상을 제시한 바 있다. u-연속류 정체예방관리는 교통류 안정성 유지를 통하여 사고발생 잠재력을 최소화시키고 생산성 저하를 방지하는 예방차원의 교통관리서비스로 정의 한다 (<그림 2> 참고).

교통류가 임계상황에 이르기도 전에, 교통류의 안정성이 깨지고 심한 경우 회복되지 못하고 와해까지 이르게 되는 현상을 현장에서 관측할 수 있다. 본 연구와 동시에 진행된 시뮬레이션 실험 연구에 의하면 이러한 현상은, 과속, 저속 등 개별차량간의 속도편차, 그리고 차량군 길이, 간격 등 차량군 형성 특성과 관련이 있다 (6).

따라서 임계상황 이전부터 교통류 안정성을 감시하고, 안정성을 유지시켜 주기 위한 개별차량 속도 및 차량군 관리가 필요하다. 이러한 교통류 관리는 기존 ITS 환경에서는 불가능 하였으나, 유비쿼터스 환경의 미세한 데이터 수집능력과 V2V, V2I 통신 인프라 환경에서는 가능하다.

기존의 ITS 환경에서 교통류 관리는, 정체 혹은 유고

1) 유비쿼터스 교통환경에서 최적교통관리를 위한 시뮬레이션 평가, 대한교통학회지 제27권 제3호, 2009. 6.

가 발생한 후 빠른 감지와 신속한 처리를 목표로 하는 사후관리이다. 그러나 본 연구에서 제안하는 정체예방관리는, 정체 혹은 유고가 발생하기 전부터 정체와 유고 발생 잠재력 최소화를 목표로 교통류 안정성을 감시하고 관리하는 예방적 차원의 사전관리라는 점에서 한 단계 진보된 교통류 관리이다.

IV. u-연속류 정체예방관리 알고리즘

<표 1>은 제Ⅱ장 알고리즘 개발 절차에서 언급한 시뮬레이션 실험 결과에 입각하여 도출된 내용이다. 교통상태를 소통원활, 임계상태, 혼잡상태로 나누고, 각기 차별화된 목표가 도출되었다. 또한 이러한 목표를 실현하기 위한 모니터링 대상과 정보제공 내용도 도출되었다. 본 연구에서 제안하는 u-연속류 정체예방관리 알고리즘은 <표 1>의 내용을 수행하도록 개발되었으며, <그림 3>의 단계로 구성된다.

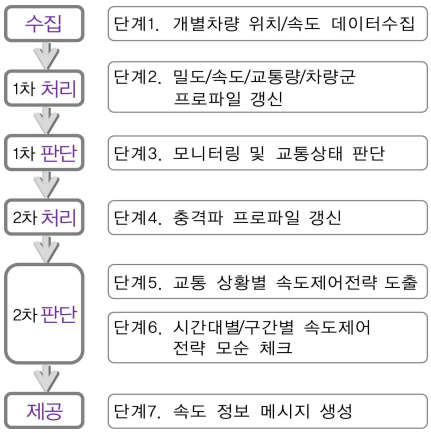
<그림 3>의 알고리즘 단계는 기본적으로 수집, 처리, 판단, 제공으로 구성되며, 알고리즘 개발에 있어 핵심요소기술은 다음과 같이 요약된다.

① 개별차량 위치, 속도 데이터 수집기술 (단계 1)
② 개별차량 위치,속도 데이터 처리기술 (단계2, 4)
- 속도/교통량/밀도 프로파일 추출 기술
- 차량군 프로파일 추출 기술
- 충격파 프로파일 추출 기술
③ 교통류 안정성 모니터링 및 상태 판단 기술 (단계 3)
④ 교통상태별 적정 속도 산정 기술 (단계 5)
⑤ 정보제공 용 적정속도 메시지 생성 기술 (단계6, 7)

이하에서 핵심요소기술을 포함한 알고리즘에 대하여 단계별로 설명하도록 한다.

<표 1> 교통상태별 u-연속류 운영관리 목표

교통상태	목표	모니터링 대상	적정속도 정보
소통원활	안정성 관리 ➔ 과속/저속 관리	개별차량 속도 (과속, 저속 편차)	균형속도
임계상태	안정성 관리 ➔ 차량군 관리	차량군 길이 차량군 간격 차량군내 차량수	차량군 과다성장/충돌 예방을 위한 적정속도
혼잡상태	수요 관리 ➔ 혼잡성장 방지 정상류로의 회복	충격파 속도 병목 Input/Output Rate	충격파 상쇄를 위한 적정속도



<그림 3> u-연속류 정체예방관리 알고리즘 단계

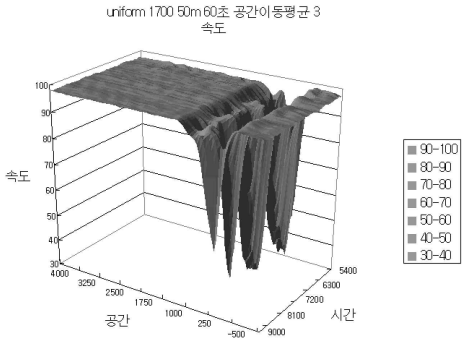
1. 단계1. 수집: 개별차량 위치 및 속도 데이터 수집

u-연속류 정체예방관리알고리즘에서는 개별차량의 위치와 속도 데이터를 사용한다. V2I 혹은 V2V 통신을 통하여 개별차량의 위치와 속도 데이터를 수집하며, 이때 ITS 환경과 달리 수집 구간이나 주기에 대한 정의는 불필요하다.

2. 단계2. 1차 처리: 속도/교통량/밀도/차량군 프로파일 갱신

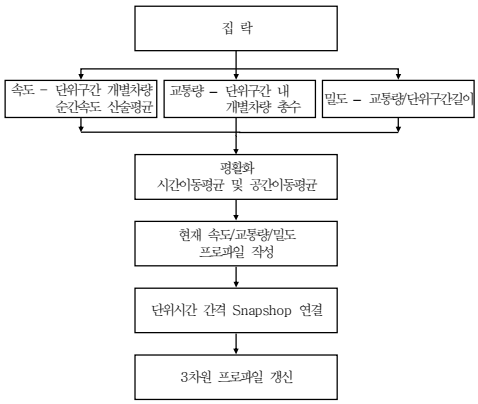
u-연속류 환경에서 수집된 개별차량의 속도, 위치 데이터를 어떤 방식으로 집락하며 처리할 것인가가 관건이다. 기존 ITS 환경에서는 지점데이터를 주로 수집하고, 지점데이터가 대표할 수 있는 구간을 결정하고 적정시간 단위로 집락한다.

본 연구에서는 개별차량의 위치와 속도 데이터를 짧은 단위구간(예컨대 20m, 50m 등)과 단위시간(예컨대 30초, 60초 등)에 대하여 집락한 후 평활화하여 연속적 프로파일을 만들고 이를 단위시간 간격으로 연결하여 3차원 프로파일을 갱신해 가는 데이터 처리 방식을 제안한다. 이때 적정 단위구간 길이, 단위시간 간격, 평활화 방식 등은 향후 별도의 연구에서 제시하도록 한다. <그림 4>는 시뮬레이션 데이터에 의해 작성해 놓은 예이다. 짧은 단위구간과 단위시간 간격으로 집락할 때, 속도는 개별차량속도를 산술평균하여, 교통량은 개별차량 데이터 수로, 밀도는 개별차량 데이터 수를 단위구간 길이로 나누어 산정한다. 속도, 교통량, 밀도 프로파일 작성 절차는 <그림 5>에 제시하였다.



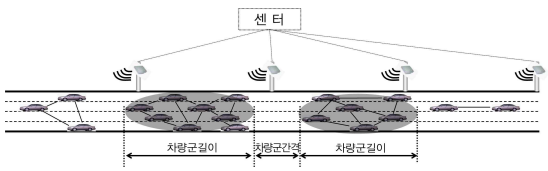
주: 단위구간 50m, 단위시간60초, 이동평균 Step size 시간: 5, 공간: 3

<그림 4> 3차원 속도 프로파일 작성 예

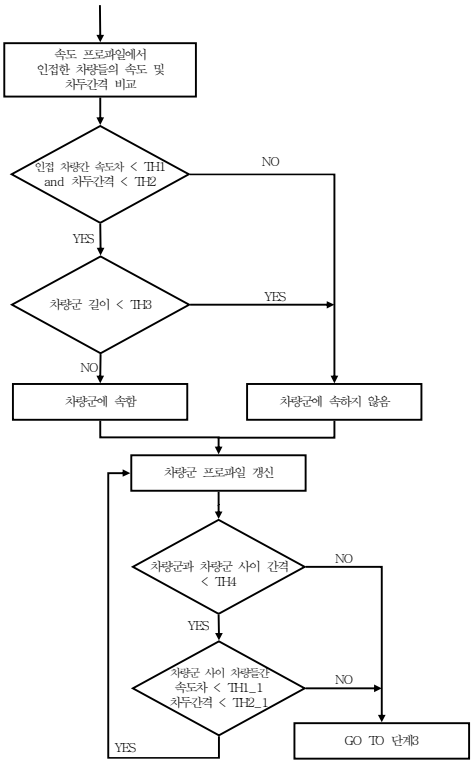


<그림 5> 속도/교통량/밀도 프로파일 흐름도

본 연구에서 제안하는 정체예방관리에는 차량군 관리가 포함되며, 이에 개별차량 위치와 속도데이터에 의한 차량군 프로파일을 추출하는 것이 필요하다. 기본적으로, 차두간격이 조밀하고 속도가 균일한 차량들을 차량군으로 규명하며, 차량군내 차두간격의 평균과 분포는 교통량 수준 및 차량군 길이와 관련이 있는 것으로 시뮬레이션 실험에서 나타났다. 차량군의 규명하기 위한 문턱치는 향후 별도의 연구에서 제시하도록 하며, 본 연구에서는 차량군 프로파일 추출 절차에 대하여만 제시하도록 한다 (<그림 6>, <그림 7> 참고).



<그림 6> 차량군 프로파일 작성 예



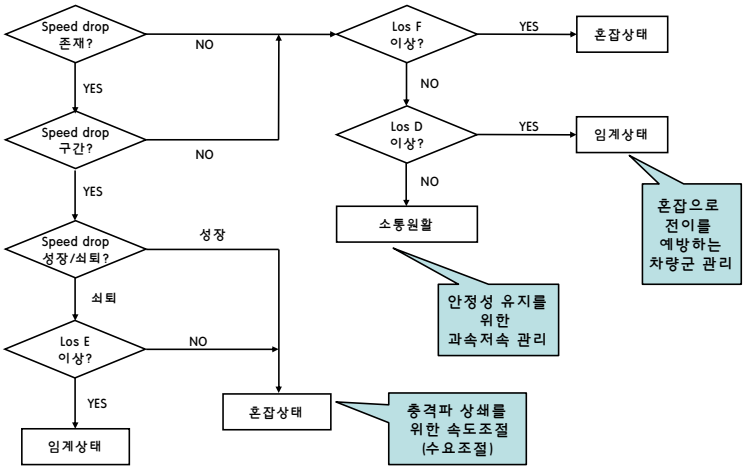
<그림 7> 차량군 프로파일 흐름도

3. 단계3. 1차 판단: 모니터링 및 교통상태 판단

본 연구와 별도로 진행된 시뮬레이션 실험연구에 의하면, u-연속류 정체예방관리에서는 교통상황을 소통원활(LOS D 이하), 임계상태(LOS E), 혼잡상태(LOS F)로 나누고 상황에 따라 차별화된 운영전략을 구사하는 것이 바람직하다고 제시하였다 (6).

<그림 8>은 2단계의 처리과정을 거친 후, 교통상황을 소통원활, 임계상태, 혼잡상태로 판단하는 알고리즘 흐름도이다.

① 밀도 프로파일에서 LOS D 이상, LOS E, LOS F 를 기준으로 구간을 분할.
여기에서 잠정적으로 한국도로용량편람의 기준을 적용.
② 속도 프로파일에서 Speed Drop 존재여부 검사
③ 이전 시점 프로파일과 비교하여 Speed Drop의 이동/성장/쇠퇴 여부 검사
④ 위의 검사 결과에 입각하여 <그림 8>과 같이 교통상태 판단



<그림 8> 교통상황 판단 흐름도

4. 단계4. 2차 처리: 충격파 프로파일 갱신

Speed Drop 이동/성장/쇠퇴의 공간적, 시간적 전개에 따라 충격파 프로파일을 작성한다. 충격파 프로파일 작성과정은 단계3의 Speed Drop 존재 여부, 성장/쇠퇴 여부 검사과정과 함께 지면의 제약으로 말미암아 향후 별도의 논문에서 구체적으로 제시하도록 한다.

5. 단계5. 2차 판단: 교통상태별 속도제어 전략 도출

단계3의 교통상태에 대한 판단결과에 따라 적정 속도제어 전략을 도출하는 단계이다.

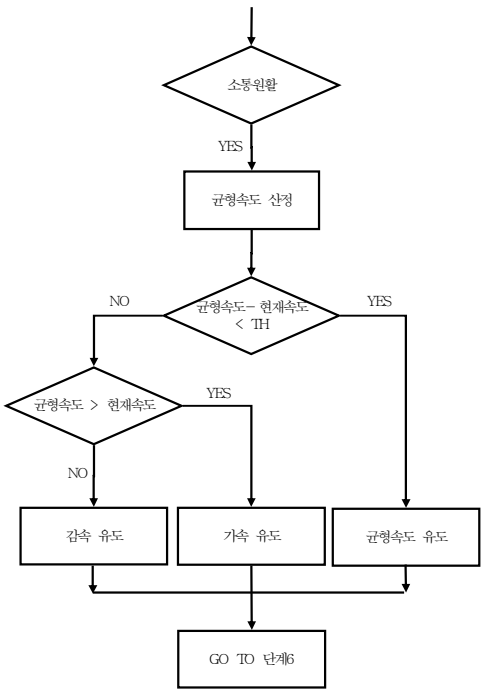
1) 소통원활

소통원활 상태에서는 교통류가 안정하고 대체로 교란(Disturbance)은 그대로 소멸되나, 다음과 같은 상황에 의해 불안정이 유발된다.

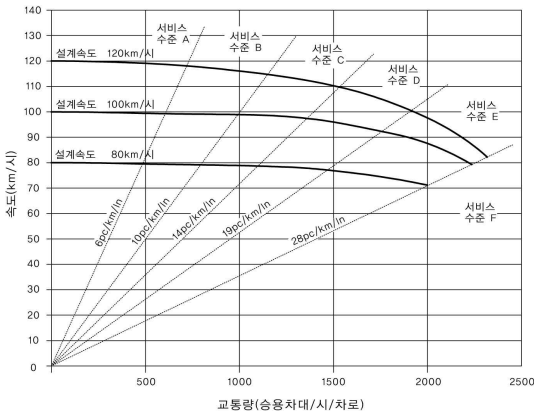
1. 운전자의 과격한 운전행태
2. 개별운전자의 속도선택/운전행태 편차
3. 운전자의 잘못된 속도/차두간격 선택

이로 인해 충분히 소통원활이 유지될 수 있는 교통량 수준에서도 흐름이 깨지는 안전 및 생산성 측면의 문제가 발생되기도 한다. 따라서 소통원활 상태에서는 운전자의 과속과 운전자간 속도편차를 모니터링하고 균형속도를 유지하도록 하는 정보제공 전략으로 교통류 안정성(Traffic Stability)을 유지하는 것이 필요하다.

<그림 9>는 소통원활상태의 과속과 저속 차량을 균형속도를 유지하도록 관리하는 흐름도이며, 이때 균형속도는 잠정적으로 <그림 10>의 한국도로용량편람에 서 제시한 자료를 활용하도록 한다. 향후 이 균형속도는 현장시험을 통해 조정한다. 한편, 소통원활시 과도한 관리는 오히려 생산성을 헤칠 수 있으므로, LOS C 수준까지는 모니터링에 집중하는 것이 바람직하다.

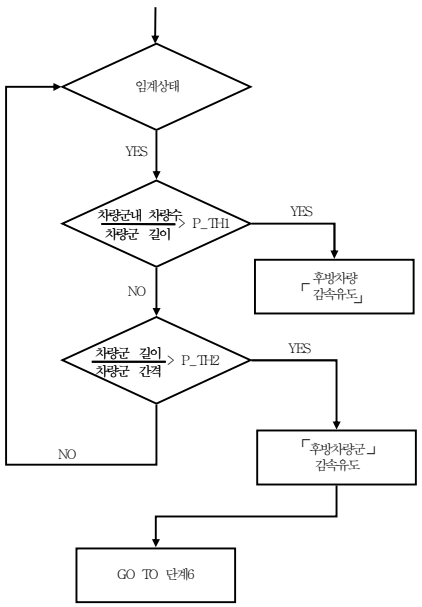


<그림 9> 소통원활시 과속저속 관리 흐름도



출처: 도로용량 편람 (2001년)

<그림 10> 교통량 수준별 균형속도 예



<그림 11> 임계상태 차량군 관리 흐름도

2) 임계상태

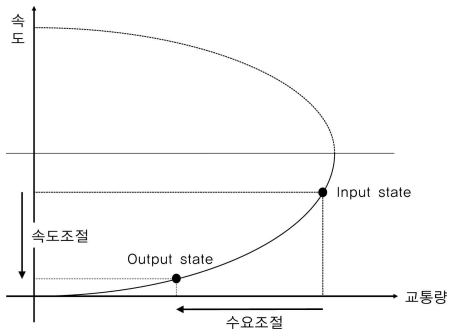
임계상태에 가까워지면 차량군을 이루어 주행하며, 이들 차량군의 길이가 길어지고 흐름이 불안정해져 작은 교란에도 흐름이 쉽게 깨지고 빨리 회복되지 못하는 특성이 나타난다. 긴 차량군이 병목으로 작용하는 구간에 도달하여 차량군의 속도가 둔화되고, 후방 차량군과 충돌하면 속도저하(Speed Drop)가 발생하고 와해(Breakdown)로 이어지게 된다. 이에 임계상황에서는 차량군을 모니터링하고, 과다한 차량군 길이를 조절하고, 차량군 간 충돌이 발생하지 않도록 하는 속도조절 정보제공이 필요하다. 이를 통해 혼잡상태로의 전이를 예방 혹은 최대한 늦출 수 있도록 한다.

제Ⅱ장에서 언급한 시뮬레이션 실험을 통해, 임계상태의 차량군 관리에는 차량군 길이와 $\frac{\text{차량군길이}}{\text{차량군간격}}$을 모니터링 해야 함을 제시한 바 있다. 이들을 모니터링 후 차량군 길이가 과다해지거나, 후방 차량군과 충돌하지 않도록 적정 감속 정보를 제공한다. 이때 후방차량군의 감속은 전방 차량군의 속도 수준에 맞추도록 하며, 이러한 차량군 관리 흐름도는 <그림 11>에 제시하였다. 차량군 생성 특성에 따라 감속 정도, 감속정보가 주어져야 할 위치 (즉 차량군이 감속을 시작해야 하는 위치) 등이 별도로 산정되어야 하며 이는 향후과제로 남겨둔다.

3) 혼잡상태

일단 와해가 발생하면, 용량저하(Capacity Drop)로 생산성이 저하되고, 가다서다 현상으로 안전에도 심각한 문제가 발생된다. 또한 회복에 시간이 소요되고 회복되는 동안 계속 생산성이 떨어지는 히스테리시스(Hysteresis) 현상이 나타난다. 이러한 혼잡상태에서는 근본적으로 속도조절을 통해 수요관리가 필요하며, 이러한 속도조절을 통행 충격파를 상쇄시킬 수 있도록 하여 최대한 빨리 정상류로 회복될 수 있도록 한다. <그림 12>는, 병목의 통과량(Output Rate)에 맞추어 후방 진입 차량의 속도조절을 해 줌으로 진입량(Input Rate)을 조절하는 개념을 나타낸다. 혼잡상태에서의 진입량 조절을 통한 수요관리는 다음의 단계를 거친다.

단계 5-3-1. Input/Output Rate 산정
단계 5-3-2. Output Rate에 맞춰 적정속도 산정
단계 5-3-3 적정속도로 감속유도



<그림 12> 혼잡상태 진입량 조절 개념

이때, 병목통과량에 맞춘 적정속도는 잠정적으로 그린쉴드 모형(Greenshield Model)에 입각하여 결정한다. 이러한 적정속도 정보 제공 시점과 위치는 충격파의 시공간적 이동 패턴에 맞추어 결정되어야 하며, 이에 대하여는 현재 연구가 진행 중이다.

6. 단계6. 2차 판단: 시간대별, 구간별 속도제어 전략 모순/타당성 체크

단계5에서 생성된 속도제어 전략에 대하여 시간적 공간적 측면에서 모순 혹은 타당성(Feasibility)를 검사하는 단계이다. 검사는 다음과 같은 조건들을 가지고 수행한다.

- 운전자가 연속적으로 감속과 가속이 반복되는 정보를 접하지 않도록 할 것
- 단위시간 동안의 속도 조절양을 일정 수준이하로 제한하여 갑작스런 속도변경을 하지 않도록 할 것 - 10 혹은 20 km/h 이내
- 연속된 구간간의 적정속도 차이를 일정 수준 이하로 할 것
- 해당구간 연속된 시간대의 적정속도 차이를 일정 수준 이하로 할 것
- 상류구간 적정속도와 다음 시간대 하류구간 적정속도 차이를 일정 수준 이하로 할 것
- 산정된 적정속도가 정해진 최소속도 이하일 경우, 최소속도로 할 것 (예컨대 50km/h)

이러한 조건들은, 운전자들이 적응하기 어려운 갑작스런 변화를 피하여 특히 안전에 문제가 없도록 하기 위함이다. 이상의 조건에 대한 구체적인 문턱치들은 현장실험을 통하여 조정되어야 한다.

7. 단계7. 제공: 속도 정보 메시지 생성

1) 내용

경우에 따라 다음의 대안을 선택하여 메시지를 생성한다.

- 대안 1. 적정속도 메시지 (적정속도를 브로드캐스팅 할 경우)
- 대안 2. 적정속도와 개별차량의 속도 차이 정보 제공 (속도 그룹별로 필터링하여 메시지 제공할 경우)

2) 메시지 갱신 주기

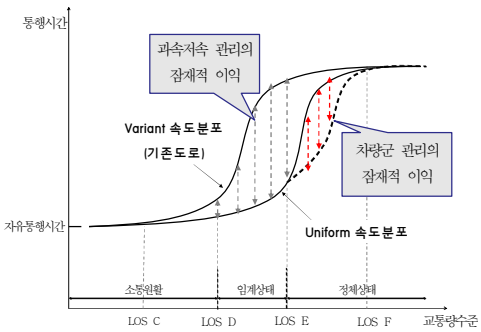
개별차량이 적정속도 정보를 받고 감가속을 하여 적정속도에 도달한 후에야 다시 새로운 정보에 접하도록 하는 것이 필요하다. 단 매우 긴급한 상황은 제외된다. 향후 현장 실험에서, 1분, 5분 등 현재 쓰고 있는 메시지 갱신 주기를 적용해 보고, 이러한 원칙에 입각하여 바람직한 메시지 갱신 주기를 결정하는 것이 필요하다.

V. 결론 및 향후과제

본 연구에서는, 사후관리 성격의 기존 ITS 운영관리에서 진일보된, 사전관리 성격의 정체예방관리를 제안하고 이를 구현하기 위한 알고리즘을 개발하였다. 이러한 u-연속류 정체예방관리 알고리즘에는 다음과 같은 요소기술 개발이 포함된다.

첫째, 유비쿼터스 교통센터 네트워크에서 수집된 개별차량 데이터를 처리하여, 3차원의 속도/교통량/밀도 프로파일을 구성하는 기술
둘째, 차량군과 충격파 프로파일을 추출하는 기술
셋째, 위의 데이터 처리를 통하여 교통류 안정성을 판단하고 교통상황을 구분하는 기술
넷째, 교통 상황별 적정속도 산정 기술
다섯째, V2V, V2I 통신환경을 이용한 개별차량 혹은 차량군 단위 적정속도 제공 기술

본 연구에서 개발한 알고리즘의 효과를 시뮬레이션을 통해 평가하는데 많은 한계가 존재한다. 현재로서는 기존의 상용 시뮬레이션 모형에 의해 V2V, V2I 통신을



주: ' 유비쿼터스 환경에서 최적 교통관리를 위한 시뮬레이션 평가, 대한교통학회지 제27권 제3호, 2009. 6.」에 수록된 그림을 약간 수정함.

<그림 13> u-연속류 정체예방관리 잠재적 이익

통한 상호작용 결과나, 차량군 관리 효과를 모사하는 것이 불가능하다. 본 연구와 동시에 진행된 시뮬레이션 실험에서, 시나리오를 구성하여 제한적이나 평가를 수행하였다. <그림 13>은 이 시뮬레이션 실험 결과를 도식화한 것이다. 향후 유비쿼터스 교통 환경을 모사할 수 있는 시뮬레이션 모형 개발이 필요하며, 테스트 베드를 구축하여 현장실험을 시행하고 알고리즘에서 요구되는 문턱치를 결정하는 것도 필요하다.

참고문헌

1. 강연수・오철・김범일(2005), 유비쿼터스 환경에서의 교통부문 여건변화분석 및 대응전략개발 연구, 연구총서 2005-13, 한국교통연구원.
2. R. Morris and et al., CarNet: A Scalable Ad-Hoc Wireless Network System, 9th ACM SIGOPS European Workshop, 2000.
3. M.G. McNally and et. al., Autonet: An Ad hoc Peer-to-Peer Information Technology for raffic Networks, www.its.uci.edu/~mcnally/mgm-autonet.html
4. W. J. Franz, and et. al, Internet on the Road via Inter-Vehicle Communications, www.et2.tu-harburg.de/fleetnet/pdf/GI_WShop_FleetNet.pdf.
5. 박은미(2008), 유비쿼터스 교통 환경하에서 교통류 관리구상, 대한교통학회지, 제26권 제3호, 대한교통학회, pp.179~186.
6. 박은미・고명석(2009), 유비쿼터스 환경에서 최적 교통관리를 위한 시뮬레이션 평가, 대한교통학회지, 제27권 제3호, 대한교통학회, pp.71~77.
7. 건설교통부, 한국도로용량편람, 2001
8. C. Chien and et. al., Traffic Density Control for Automated Highway Systems, Automatica Vol. 33. No 7. 1997.
9. M. Lorenz and L. Elefteriadou, “A Probabilistic Approach to Defining Freeway Capacity and Breakdown”, Transportation Research Circular E-C018, 4th International Symposium on Highway Capacity.
10. L. Elefteriadou, and et. al., “Probabilistic Nature of Breakdown at Freeway Merge Junctions,” Transportation Research Record 1484, 1995.

♧ 주 작 성 자 : 박은미
♧ 교 신 저 자 : 박은미
♧ 논문투고일 : 2009. 4. 16
♧ 논문심사일 : 2009. 5. 15 (1차)
2009. 5. 20 (2차)
♧ 심사판정일 : 2009. 5. 20
♧ 반론접수기한 : 2009. 10. 31
♧ 3인 익명 심사필
♧ 1인 abstract 교정필