

■ 論 文 ■

도시고속도로 가변속도제어 운영방안과 효과분석

A Study on Operation Technique and Effective Analysis of
Expressway Variable Speed Limits Control

임 관 수

(한성대학교 정보시스템공학과 석사과정)

남 두 희

(한성대학교 정보시스템공학과 교수)

목 차

- | | |
|---------------|-------------------|
| I. 서론 | 4. 데이터 처리 |
| II. 가변속도제어 기법 | 5. 가변속도제어 운영효과 검증 |
| 1. 가변속도제어 개요 | III. 가변속도제어 운영 방안 |
| 2. 기존문헌 고찰 | IV. 결론 및 향후 연구 |
| 3. 가변속도제어 모형 | 참고문헌 |

Key Words : 도시고속도로, 패턴분석, 데이터마이닝, 교통류제어, 가변속도제어
Expressway, Pattern analysis, Data-mining, Traffic Flow Control, VSLc

요 약

본선 교통류 제어 방안 중 가변속도제어 모형을 제시하고 서울 내부순환로를 중심으로 효과를 검증하였다. 차량 검지기로부터 수집된 데이터 보정 및 평활화 수행후 패턴분석을 통해 도시고속도로의 평일 상태를 4가지로 분류하고 중심 값을 산출하였다. 그리고 분석단위의 상태를 판단하기 위한 상태변수로 전이교통량, 평균밀도, 평균속도를 설정하였으며 제시된 모형과 시나리오에 근거하여 검증한 결과 안전성 및 효율성을 향상시킬 수 있었다. 또한 유입교통량에 따라 가변속도제어의 감속 정도와 유효 적용시간을 산출하였다.

This paper discusses operational technique and effectiveness of Variable Speed Limits system that is implemented to control the traffic-flow on the Naebu Expressway. As the first step of the analysis, traffic data collected from vehicle detectors are corrected and smoothed. Applying a pattern analysis technique to the traffic data, the weekday traffic is classified into four different groups, and median of each group is calculated. Using three state variables, i.e., diverted traffic volume, average density and average speed, the conditions of roadway segments are determined. Computational outputs resulted from the application of the proposed model to the scenarios show that implementation of Variable Speed Limits system improved both safety and efficiency of the expressway. For the operational strategy, this paper also presents the change rate of the speed limit, and the effective duration of the speed limit according to the entering traffic volume.

I. 서론

서울시 도시고속도로는 130.7km로 전체 도로의 1.63%에 해당되나 교통량 및 화물수송량은 각각 15%, 45%로 도심 내부 및 도심으로의 유출입 통행을 담당하고 있다. 그러나 내부순환로의 경우 도로선형, 유출입 램프 구조/위치 등의 도로 기하구조 불량과 교통량 증가로 인하여 전반적인 교통류관리에 개선이 필요하다. 현재 구축되어 있는 FTMS(고속도로교통관리시스템)는 실시간 제어 및 돌발상황관리가 자동이 아닌 인력에 의한 반자동으로 이루어지고 있다. 또한, 교통류의 상태분류가 자동 분류가 되고 있지 않으므로 도시고속도로 실시간 제어가 미흡한 상황이다. 그러나 국내와는 달리 유럽에서는 연속류에서 실시간으로 수집되는 차량검지기 데이터를 이용하여 가변전광판을 통한 교통정보제공 및 속도 제어, 램프미터링을 통하여 혼잡 및 사고 발생률을 완화시키고 있다.

따라서 본 연구에서는 국내에서도 소극적인 교통류 관리에서 벗어나 적극적인 교통류 관리를 운영하기 위하여 도시고속도로의 본선 교통류 제어기법 중 하나인 가변속도제어 기법을 도입하기 위한 초기 단계로 현 검지체계 하에서 교통류제어 방안을 제시하고자 하였다. 첫째로 교통류 상태분류 및 이를 통한 교통류 상태 판별범위 값을 산출하고, 둘째로 이를 활용하여 가변속도제어를 운영하기 위한 활용 방안을 시뮬레이션을 통해 운영 방안을 제시하고자 한다.

II. 가변속도제어 기법

1. 가변속도제어 개요

연속류의 경우 최대/최저 제한속도를 규정하고 있다. 최대속도제한은 도로설계시 도로의 물리적 조건에 따라 운전자의 안전을 보장하기 위한 속도로 규정하며, 최저속도제한은 연속류의 특성 중 하나인 이동성 보장 및 운전자간 속도차이로 인한 안전사고를 방지하기 위하여 규정하고 있다.

그러나 운전자는 교통상황, 도로상황, 기상조건 등에 따라 운전행태가 변하며 이는 개인별 성향에 따라 변화하는 정도가 상이하다. 또한 지속차량, 차량고장, 교통사고, 우천시 교통류는 이를 구성하는 운전자 개인별 특성

차이로 인하여 속도 및 밀도 분포가 균일한 평형상태에서 속도 및 밀도 변화가 불규칙적으로 변동되는 불안정상태로 전이되어 교통량과 평균속도가 감소하게 된다. 또한 속도분산이 커져서 사고발생률이 높아지게 된다. 그러므로 교통류 상태전이 속도 완화/방지 및 사고/혼잡 발생을 미연에 방지하고자 교통류 하류부의 상태에 따라 상류부에서 차량들의 주행속도를 가변적으로 제어하는 것이 가변속도제어이다. 이는 하류부의 교통류 상태가 평형에서 불안정상태로 전이되면 대기행렬 및 충격파가 발생되므로 상류부에서 유입차량의 속도를 제어하므로 유입 차량대수가 감소하여 하류부의 상대적 밀도감소 효과(저밀도파)로 대기행렬 및 충격파를 완화시키고자 하는 것이다. 가변속도제어는 과부하된 교통류 안정화, 과속차량의 감속유도, 혼잡으로 인한 추돌사고방지, 악천후시 안전대책 그리고 본선의 차량과 진입부 차량과의 상충완화 등 교통류관리를 목적으로 운영된다.

2. 기존문헌고찰

본 논문과 관련된 연구로는 교통류의 상태분류, 가변속도제어모형, 가변속도제어의 효과로 구분될 수 있다. 우선 교통류의 상태분류관련 논문으로는 LuSun(2005)과 Jingxin(2007)이 연구한 결과가 있으며 상태를 분류하는 알고리즘 및 사용된 상태변수는 동일하며 속도-밀도 관계식에 의거 밀도 임계값에 따라 LuSun은 3개의 상태(free flow, transition flow, congested flow)로 구분하였으며 Jingxin은 5가지 상태(uncongested, queue discharge, congested를 5가지로 세분화)로 구분하였다. 이중 LuSun(2005)은 교통류의 상태를 구분하기 위하여 K-means알고리즘을 이용한 군집분석을 사용하였다. 논문의 결과는 교통류를 3개의 상태로 구분시 2개의 상태로 구분할 때 보다 각각의 상태 설명이 명확한 것으로 분석되었다. 교통류의 상태변수로는 시간당 교통량, 공간평균속도와 밀도대신 점유율을 사용하였다. 또한 각 상태별 임계 밀도값 및 속도-밀도 관계식을 제시하였다.

가변속도제어를 적용하였을 때 나타나는 교통류 현상에 대해 이론적으로 검증하고 이를 모형화하여 실제 충격파가 발생하는 현상을 설명하는 조혜림(2009)의 연구 결과가 있다. 이 논문에서는 교통류의 속도, 밀도, 교통량 변화가 발생하는 2차원상의 경계선을 특성선이라 정

의하고 이 특성선을 초기입력자료, 속도제어, 충격파로 구분하여 교통류 해석을 시도하였다. 또한 가변속도제어를 통해 발생 가능한 충격파 유형을 교통량 및 제어속도의 증감과 병목용량 증감에 따른 10가지 시나리오별 충격파 유형을 제시하고 있다. 교통류 모형과 충격파 이론이 서로 유사한 결과로 분석되었으며 제어속도의 변화에 따른 교통류 전이 상태를 확인함으로써 가변속도제어의 효과를 간접적으로 증명하였다. 강정규(1999)는 올림픽대로를 중심으로 현장조사 및 가변전광판에 표출되는 정보를 설정하여 가변속도제어의 효과를 측정하여 수치에 의해 약 4km/h의 속도감소효과를 보였다.

가변속도제어 알고리즘을 제시하는 두 개의 논문이 있는데 하나는 이상적인 시뮬레이션 상의 가상공간을 가정한 것이고(Breton, 2002), 다른 하나는 도로공사로 인하여 일부 차선이 폐지된 상황에서의 가변속도제어 효과를 측정(Pei-wei, 2004) 한 것이다. Breton(2002)은 교통류 제어를 통해 차량이 교통네트워크에서 소비하는 시간을 최소화 하는 것을 목적함수로 하고 있다. 사용된 변수로는 유출교통량, 밀도(이전밀도+변화된 교통량), 평균속도(이전 속도 + (완화(경제속도 도달) + 전달(유입교통량 영향) + 예상(하류부 밀도)), 제한속도, 유출교통량을 사용하였다. 모형을 검증한 결과 총통행시간은 1321.9 → 1162.9veh · hour 로 12% 향상되고 저밀도파와 충격파가 상충하여 충격파가 점차 제거됨을 보임으로 가변속도제어 모형의 효과가 있음을 나타내었으나 모형 모수 가정과 사용된 네트워크 변수들의 가정 사항이 많아 실제 데이터에 대한 검증이 필요하다.

Pei-wei(2004)는 제어변수를 산출함에 있어 시간가중치(β) 및 공간가중치(α)를 사용하여 현장 데이터에 대한 보정을 하였으며 교통량보존법칙(flow conservation law)에 근거하여 밀도와 전이 교통량을 산출하였다. 가변속도제어 운영을 위하여 가변속도제어 트레일러의 위치 및 가변속도 최적화를 수행 하였다. 이외의 상태변수와 제어변수, 모형 모수 등을 설정하여 공사구간에서의 가변속도제어(트레일러에 의한 정보제공)를 수행한 결과 대기행렬 감소와 통과교통량증대의 효과를 보였으며, 또한 속도 변화를 비교함으로 도로의 안전성 측면을 측정하였다. 특징으로는 현장데이터와 시뮬레이션간의 데이터 보정에 여러 가지 방법을 사용한 점과 대기행렬길이 계산, 경제조건 설정, 트레일러 위치선정, 모형 최적화 4단계로 절차를 구분하여 알고리즘을 수행함으로써 최종 대상도로의 상태에 적합한 최적의 속도를 제시한 점이다.

3. 가변속도제어 모형

가변속도제어를 운영하기 위해서는 도로의 상태를 나타낼 수 있는 것으로 교통량, 밀도, 속도변수, 운영의 효과를 나타낼 수 있는 것으로 유출교통량, 안정성을 나타내는 충격파변수를 설정한다.

각 세그먼트의 위치 구분을 위한 변수 i 와 시점 구분을 위한 k 를 이용하여 다음과 같이 전이교통량(식(1)), 교통밀도(식(2)), 충격파(식(3))를 산출하게 된다.

$$\text{전이교통량}(q_i(k)) : \alpha_i Q_i(k) + (1 - \alpha_i) Q_{i-1}(k) \quad (1)$$

k 시점에서의 세그먼트 $i-1$ 에서 i 로 전이되는 교통량, 여기서 α 는 공간가중치상수로 모형 매개변수(0.95[11]), Q_i 는 검지기로부터 수집된 교통량

$$\text{교통밀도}(d_i(k)) : d_i(k-1) + \frac{T}{L_i \lambda_i} \times (q_{i-1}(k) - q_i(k)) \quad (2)$$

교통량 보전법칙에 의해 이전 시점에서의 밀도에 세그먼트 $i-1$ 과 i 의 전이교통량 차이를 더하므로 현재 세그먼트 i 의 밀도를 산출한다. 여기서 L_i 는 세그먼트 i 의 길이, λ_i 는 세그먼트 i 의 차선수

$$\text{충격파}(\omega_i(k)) : \frac{Q_i(k) - Q_{i-1}(k)}{d_i(k) - d_{i-1}(k)} \quad (3)$$

세그먼트 i 와 $i-1$ 간의 충격파를 산출하기 위하여 교통량의 변화를 밀도변화로 나눔으로 산출한다.

가변속도제어 운영 판단 및 적용 순서는 5단계로 이루어지며 1, 2단계는 초기준비, 3~5단계는 가변속도적용 판단 및 시행하는 부분이다.

- 1단계 : 패턴분석⇒상태별 중심값(C) 산출
- 2단계 : 가변속도제어를 위한 변수 설정. 상태변수- $q_i(k)$, $Q_i(k)$, $d_i(k)$, $\omega_i(k)$, v_i , 제어변수- VS , 매개변수- α , k , T , V_{LS}
- 3단계 : 검지기 데이터로부터 30초 단위로 $Q_i(k)$, $v_i(k)$ 수집 및 $q_i(k)$, $d_i(k)$, $\omega_i(k)$ 산출
- 4단계 : 기존의 상태별 중심값과 3단계에서 얻어진 $q_i(k)$, $d_i(k)$, v_i 간의 왜곡을 계산하여 가장 가까운 중심으로 상태 배정
- 5단계 : 배정된 상태에 따라 제한속도를 변경

4. 데이터 처리

본 논문에서는 내부순환로의 교통류 패턴을 대표적으로 나타낼 수 있는 데이터를 선택하기 위하여 2007년 10월 4일과 10월 11일 이틀간 6시부터 24시까지의 데이터를 선정하였으며, 공간상으로는 내부순환로 구간 중 서울도심방향으로의 홍지문터널 입구에 설치된 4개 영상검지기로부터 수집된 속도, 점유율, 교통량 데이터이다.

교통류의 특성을 나타내는 요소로는 주로 Greenshield 모형과 같이 교통류율, 속도, 밀도가 있으나 차량검지기로부터 수집된 데이터는 교통량, 시간평균속도만 수집되므로 공간평균속도와 밀도를 산출하였다. 우선 밀도는 3가지 방법으로 산출되어 진다. 첫째 교통류율을 공간평균속도로 나눔, 둘째 차량의 진장과 검지기의 길이를 이용(Roser, 2004), 셋째 일반 승용차와 대형차량의 길이를 고려하는 방식으로 수식(4)와 같다.(Wang, 2000)

$$\bar{l}(i) = \bar{l}_c(i) + p(i) \cdot [\bar{l}_t(i) - \bar{l}_c(i)] \quad (4)$$

여기서, i : i 번째 시간간격

$\bar{l}_c(i)$: 승용차 길이(PCs)

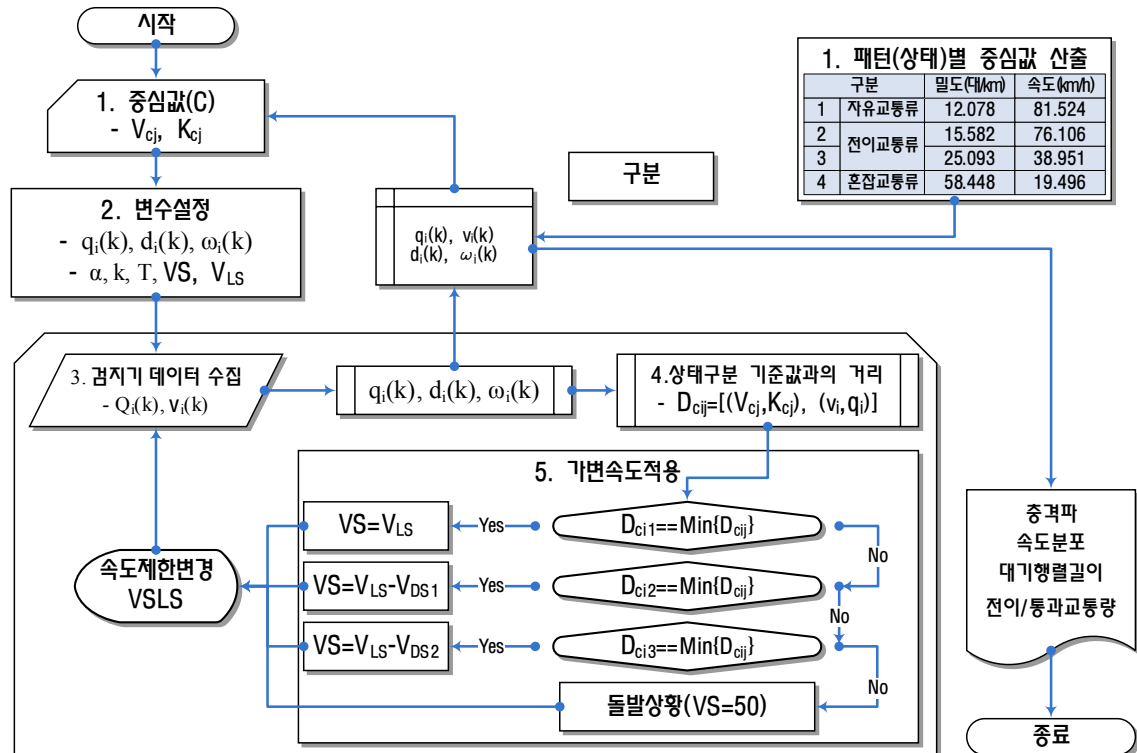
$\bar{l}_t(i)$: 7.9m(26ft) 이상의 차량길이(LVs)

$p(i)$: LVs 의 퍼센트

본 연구에서는 세 번째 방법을 사용하여 영상검지기로부터 얻어진 차종별 교통량데이터에서 평균차량길이를 이용하여 밀도를 산출하였다.

다음으로 공간평균속도는 LuSun(2005)의 연구결과에 의해 "시간평균속도는 공간평균속도에 공간평균속도의 분산율을 더하는 것과 같다."라는 것과 시간평균속도 데이터의 산출되는 간격이 작으므로 공간평균속도의 분산은 매우 작아 공간평균속도는 시간평균속도에 수렴하므로 시간평균속도를 공간평균속도로 사용하였다.

패턴분석을 위해 이상치 제거, 오류 및 결측자료 보정, 평활화 기법을 적용하고 K-means알고리즘을 사용하였다. K-means알고리즘은 임의의 초기 값에서부터 추정과 최대화과정을 반복하여 최적의 값으로 수렴하도록 반복시키면서 중심을 찾는 방법이다.(Duda, 1973) 가변속도제한 운영에 사용될 중심값 산출 및 운영방식의 편의성을 위해 교통량, 속도, 밀도 데이터를 분석 개체로



〈그림 1〉 가변속도적용 순서도

〈표 1〉 패턴분석에 따른 패턴(상태)별 중심값

구분	밀도(대/km)	속도(km/h)	
1	자유교통류	12.0784	81.5244
2	전이교통류	15.5821	76.1057
3		25.0930	38.9512
4	혼잡교통류	58.4478	19.4957

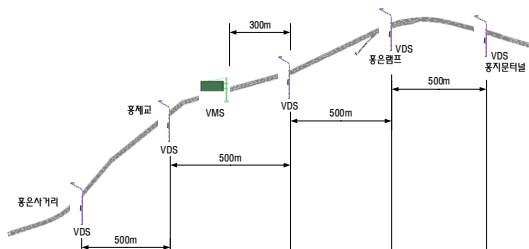
선정하고 4개 그룹으로 패턴 분석한 결과 26번의 시행에 걸쳐 다음과 같이 중심값을 산정하였다.

5. 가변속도제어 운영효과 검증

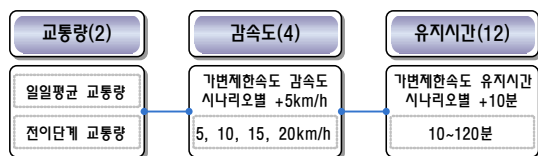
패턴분석 결과 교통류 상태별 중심값을 이용한 가변속도제어 운영의 효과를 측정하기 위해 속도제한 70km/h, 차로구성 편도 3차로, 구배는 3% 이내의 네트워크를 구성하였다. 또한 5개의 차량검지기와 1개의 가변속도제어전광판을 구성하였다. 각 차로별 자료중 2차선을 사용하여 분석하였다.

시뮬레이션 시나리오는 가변속도제어 운영 유무로 나누어 교통량, 감속도, 유지시간에 따라 설정하였다.

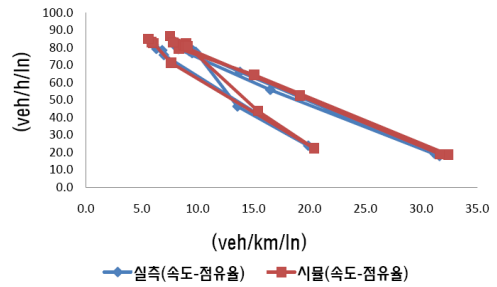
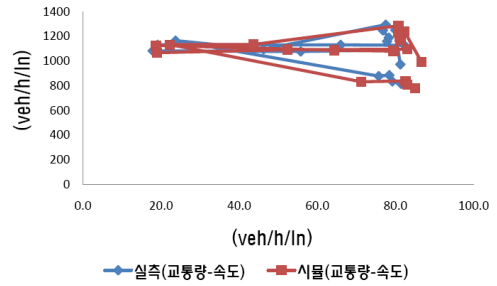
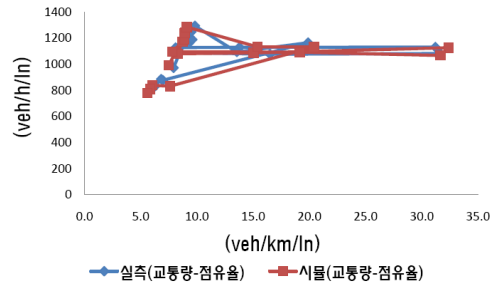
홍은램프의 진입차로와 본선이 합류되는 부분으로 검지기는 500m간격으로 설치되어 있다. 유입교통량은 일일평균 교통량과 혼잡상황으로 전이되는 전이단계의 교통량을 포함하도록 3,600veh/h~6,000veh/h로 다섯가지로 하였다. 또한 감속도는 5km/h, 10km/h 두 가지로 설정하고 감속도 유지시간은 10분씩 증가하여 시나리오를 구성하였다. 시뮬레이터는 TSIS 버전 5.01의 RTE(Run Time Extension)를 사용하여 가변속도제



〈그림 2〉 시뮬레이션 대상지역 네트워크 설계



〈그림 3〉 시뮬레이션 시나리오(교통량, 감속율, 지속시간)



〈그림 4〉 실제데이터와 시뮬레이션데이터 패턴

어 모듈을 추가하였다.

시뮬레이션 수행에 앞서 시뮬레이션자료의 검증을 위해 t-test를 수행한 결과 $P=0.51>0.5$ 로 서로 유의한 것으로 판단되었으며 실제 데이터(교통량, 점유율, 속도)와 시뮬레이션 데이터를 그래프로 나타내면 다음과 같다.

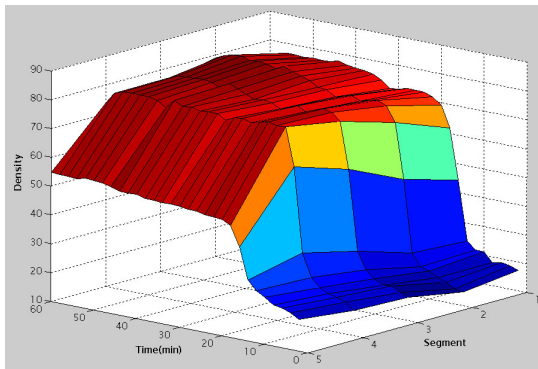
또한 실제 교통량과 시뮬레이터 간의 교통량을 보정(carfollowing sensitivity, rubberneck, free-flow speed factor)하여 시뮬레이션 한 결과 전체 네트워크에 대한 상태를 나타내는 평균속도와 지체시간은 〈표 2〉와 같다.

가변속도를 적용하지 않은 상태에서는 유입교통량이 4,800veh/h 이상 혼잡상태로 진입하였으며, 가변속도를 적용하였을 때 감속도 -5km/h일 경우 유입교통량이 5,400veh/h 이상에서, 감속도 -10km/h일 경우 6,000veh/h 이상에서 혼잡으로 전이되었다.

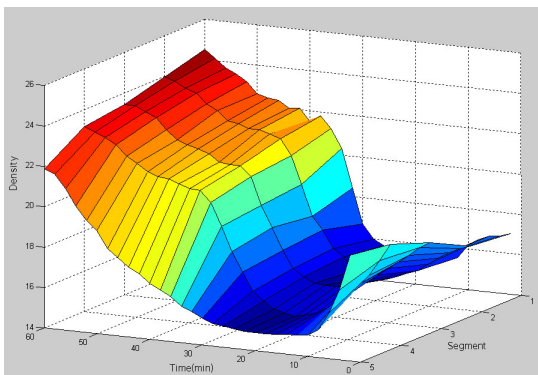
감속도 유지시간에서는 감속도 -5km/h로 적용한 결과 40분경과 후 가변속도제한이 적용된 구간에서 측정

〈표 2〉 시뮬레이션 결과 네트워크 상태(1)

구분		유입교통량 veh/h	3600 veh/h	4200 veh/h	4800 veh/h	5400 veh/h	6000 veh/h
감속도 미적용	이동시간(시)		89.3	101.5	100.3	99.8	99.8
	지체시간(시)		5.20	8.10	192.6	196.1	195.3
	이동/총시간		0.94	0.93	0.34	0.34	0.34
	평균속도(km/h)		60.3	59.40	21.7	21.4	21.5
감속도 -5km/h	이동시간(시)		94.0	106.9	119.2	127.3	126.1
	지체시간(시)		4.80	5.6	10.2	121.4	163.1
	이동/총시간		0.95	0.94	0.92	0.51	0.44
	평균속도(km/h)		57.8	57.3	56.5	31.2	26.5
감속도 -10km/h	이동시간(시)		96.3	109.3	122.2	135.0	145.9
	지체시간(시)		4.30	5.8	8.0	13.3	62.7
	이동/총시간		0.96	0.95	0.94	0.91	0.70
	평균속도(km/h)		56.7	56.5	56.1	54.7	42.0

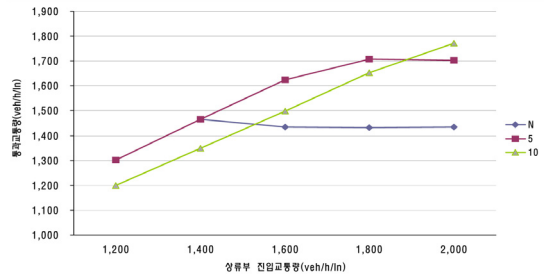


〈그림 5〉 가변속도제어 전 밀도 변화

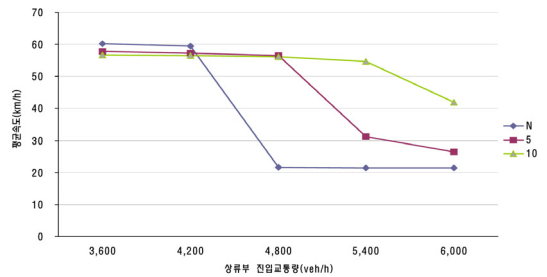


〈그림 6〉 가변속도제어 후 밀도 변화(감속도 -10km/h)

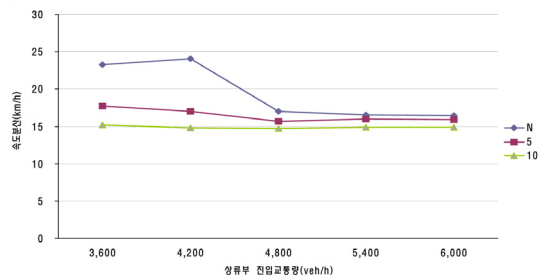
파가 하류부로 역전파가 되었으며 효과는 유입교통량이 4,800veh/h까지는 네트워크 상태가 혼잡상태로 전이되는 것을 완충할 수 있으나 그 이상의 교통량이 유입 시에는 효과가 없었다. 그리고 감속도를 -10km/h로 적용



〈그림 7〉 유입교통량에 따른 통과교통량 변화



〈그림 8〉 유입교통량에 따른 평균속도 변화



〈그림 9〉 유입교통량에 따른 속도분산 변화

한 경우 최대 적용시간은 30분으로 측정되었으며 30분 이상 적용시 감속도 -5km/h로 적용한 경우와 마찬가지로 역 충격파가 발생되어 혼잡을 발생하나 대상도로는 용량이 6,468veh/h로 유입교통량은 6,000veh/h에서도 상태 3로 있으며 그 이상의 유입교통량이 발생하였을 경우 혼잡상태로 전이되었다. 네트워크의 효율성을 나타내는 통과교통량과 평균주행속도 그리고 안전성을 나타내는 속도분산을 분석한 결과 통과교통량에 있어서는 가변속도제어를 하지 않을 경우 유입교통량이 4,200veh/h에서, 가변속도제어를 하는 경우 감속도 -5km/h로 할 경우 5,400veh/h에서 증가추세를 보이지 않으며, 감속도를 -10km/h로 할 경우 시험 최대치인 6,000veh/h일 때 까지 통과교통량이 계속 증가함을 보여 효율성이 높은 것으로 분석되었다. 속도 분산의 경우도 앞서와 동일한 상황

〈표 3〉 시뮬레이션 결과 네트워크 상태(2)

구분	통과 교통량 (veh/h /ln)	평균 속도 (km/h)	속도 분산 (km/h)	평균 밀도 (veh/km /ln)	지체 시간 (시)	이동 시간/총시간 (*)
미적용	1357	38.66	21.34	62.4	65.89	0.6
-5km/h	1443	69.60	28.51	40.5	11.68	0.9
-10km/h	1487	55.79	28.51	42.0	8.01	0.93

* 총시간 = 이동시간 + 지체시간

〈표 4〉 감속도에 따른 가변속도제어 유효범위

구분	유효 유입교통량	유효 적용시간
감속도 -5km/h	최대 4,800veh/h	40분
감속도 -10km/h	최대 6,000veh/h	30분

으로 감속도 -10km/h로 적용시 안정적으로 분석되었다.

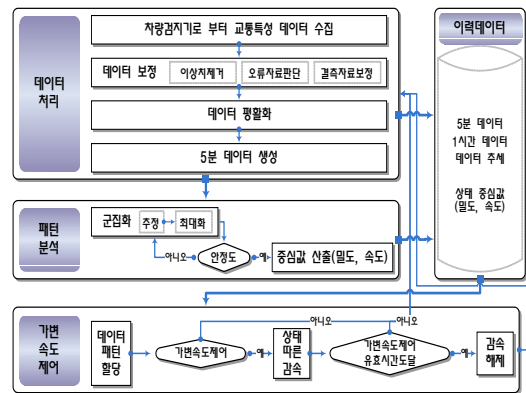
추가적으로 급변하는 상황을 반영하도록 15분 주기로 유입교통량을 증가시킨 결과 가변속도제어를 하지 않은 경우 평균속도는 낮고 평균밀도가 높으며 효율성을 나타내는 이동시간/총시간을 산출한 결과 0.6으로 되어 전체적으로 볼 때 혼잡상태에 있음을 알 수 있다. 그러나 가변속도제어를 하는 경우 감속도에 따른 차이는 거의 없는 것으로 분석되었다.

III. 가변속도제어운영 방안

시뮬레이션 결과 감속도 -5km/h로 최대 40분간 적용이 가능하며 감속도 -10km/h로 운영시 30분까지 적용할 수 있는 것으로 분석되었다. 〈표 4〉는 평일 교통상태에서의 감속도에 따른 시뮬레이션 검증 결과에 따른 가변속도제어 유효범위를 나타내고 있다.

가변속도제어를 도시고속도로 본선 교통류에 적용하기 위해서는 교통량, 속도 및 밀도 자료가 필요하다. 수집되는 30초 데이터는 상태 중심값 산출을 위한 이력 데이터 및 현재 교통류 상태를 분류하기 위한 값으로 사용된다. 중심값과 30초 데이터의 속도, 밀도간 벡터 유클리디안 거리를 이용하여 4개의 중심값과 최소 거리를 가지는 상태로 할당을 한다. 30초 데이터는 빠른 수행결과를 보여주는 K-mean 알고리즘에 의해 패턴분석을 수행하며 이력데이터에 추가 되어 시간대별, 요일별, 계절별 등의 특징을 갖는 주기로 갱신을 하게 된다.

가변속도제한을 위한 적용기준으로는 평일의 경우 〈표 4〉와 같이 유입교통량에 따라 적용할 수 있으며 유효 시간 이상을 적용할 경우에는 가변속도제어의 역효과



〈그림 10〉 가변속도제어 운영방안

를 발생시키게 되므로 유효시간 범위를 벗어 날 경우 가변속도에 적용된 감속도를 해제하여야 한다. 후후의 연구를 통하여 모든 상황(차로폐쇄(공사, 사고), 기상악화, 저속차량)에 대한 적용 범위를 제시할 수 있다.

IV. 결론 및 향후 연구과제

도시고속도로는 유입교통류 및 본선 교통류 제어를 관리하지 못하는 상황으로 점차 교통류 상태가 악화되고 있는 실정이다. 교통정보를 활용한 후회정보제공 및 다양한 교통류제어 기법을 개발/운영하면 연속류 제어를 통해 도시고속도로의 원활한 서비스가 가능하다. 서울 내부순환로를 중심으로 하여 본선 교통류 제어 방안을 제시하고 검증한 결과 본선 교통류에 속도제어를 함으로써 안전성 및 효율성을 향상시킬 수 있음이 증명되었고 유입교통량에 따라 가변속도제어의 감속정도와 유효 적용시간을 제시하였다. 감속도 -5km/h로 적용시 유효 유입교통량은 최대 4,800veh/h, 유효 적용시간은 40분이며 감속도 -10km/h로 적용시 유효 유입교통량은 최대 6,000veh/h, 유효 적용시간은 30분으로 분석되었다. 또한 교통류 상태변화가 심할 경우에는 감속도에 따른 영향은 미비하나 감속도 -10km/h로 적용시 평균속도는 낮고 평균밀도는 약간 높은 상태이나 통과교통량이 높고 속도분산은 동일하여 효율성 측면에 좋은 결과를 보였다.

이러한 연구 결과인 가변속도제어 운영 방안은 국내 연속류 FTMS를 운영 및 관리자에게 본선 교통류 제어 기법으로 모든 도로에서 운영이 가능하나 제시된 유효 범위는 서울 내부순환로 평일 교통류 상태에 한하여 검증된 결과이다. 향후 연구로는 본 연구에서 가정 및 보정

하여 사용된 교통밀도 산정식, 다양한 조건 및 장기간의 데이터를 이용한 시뮬레이션 검증 또는 실제운영 구간에서의 적용 연구가 향후 필요하다

참고문헌

1. 서울시정개발연구원(1999), "서울시 내부순환로 기능강화 방안 연구".
2. 강정규·정철훈(1999), "도시고속도로 교통류 관리를 위한 가변전광판 정보 제공 방안 평가", 대한교통학회지, 제17권 제1호, 대한교통학회, pp.91~102.
3. 조혜림(2009), "연속류 가변속도제어 분석 및 모형 개발", 한국ITS학회, 춘계학술대회.
4. 신관식(2001), "도시고속화도로의 교통류 특성과 그 적용성에 관한 연구", 영남대학교 박사학위 논문.
4. Breton(2002), "Shock wave elimination/reduction by optimal coordination of variable speed limits", Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems, IEEE, pp.225~230.
5. Duda(1973), "Pattern Classification and Scene Analysis", New York, p.187.
6. Jingxin Xia(2007), "Defining Traffic Flow Phases Using Intelligent Transportation Systems-Generated Data", Journal of ITS, 11(1), pp.15~24.
7. LuSun(2005), "Development of Multiregime Speed-Density Relationships by Cluster Analysis", TRR, 1934, TRB, pp.64~71.
8. Pei-wei Lin(2004), "Exploring the Effectiveness of Variable Speed Limit Controls on Highway Work-Zone Operations", Intelligent Transportation Systems, pp.155~168.
9. Roser P. Reoss(2004), "Traffic Engineering, Third Edition", Pearson Prentice Hall, pp.105~118.
10. Wang, y.(2000) "Freeway traffic speed estimation with Single-loop output", TRR 1727, TRB, pp.120~126.
11. <http://www.rijkswaterstaat.nl>
12. <http://www.its-uk.org.uk>

✉ 주 작성자 : 임관수

✉ 교신저자 : 남두희

✉ 논문투고일 : 2009. 5. 12

✉ 논문심사일 : 2009. 7. 8 (1차)

2009. 9. 22 (2차)

2009. 12. 11 (3차)

2010. 1. 7 (4차)

2010. 8. 17 (5차)

✉ 심사판정일 : 2010. 8. 17

✉ 반론접수기한 : 2011. 8. 31

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필