

■ 論 文 ■

속도를 이용한 ALINEA 모델 보완에 관한 연구

Improvement of ALINEA Model Using Speed

조 한 선

(한국교통연구원 책임연구원)

이 준

(연세대학교 박사과정)

이 호 원

(도로교통공단 선임연구원)

김 은 미

(서울시립대학교 석사과정)

목 차

- | | |
|--|--|
| <p>I. 서론</p> <p>II. 기존문헌고찰</p> <p>III. 속도를 이용한 ALINEA 모델 개발</p> <p> 1. 밀도와 속도와의 관계</p> <p> 2. 검지기 위치</p> <p>IV. 분석방법</p> | <p>1. 시뮬레이션 설계</p> <p>2. 시뮬레이션 시나리오</p> <p>3. 시뮬레이션 길이</p> <p>V. 결론 및 향후연구과제</p> <p>참고문헌</p> |
|--|--|

Key Words : 램프미터링, 속도, 점유율, Greenshield 모형, 자유속도, 혼잡밀도
 ALINEA, On-Ramp metering, Speed, Occupancy Rate, Speed based ALINEA, Free Flow Speed, Jam Density

요 약

ALINEA는 램프의 하류부에 설치된 검지기를 이용하여 최적의 차량점유율 상태를 유지하도록 유입램프의 교통량을 조절하는 방안으로 검지기를 이용한 차량의 점유율을 제어 변수로 이용하고 있다. 하지만, 현재 가장 널리 사용되고 있는 루프제어기 점유율의 정확도가 비교적 낮다는 점과 점유율은 검지기 길이의 함수로서 ALINEA의 적용시 설치 지점마다, 그리고 검지기 길이마다 최적 점유율 보정과정이 필요한 점을 감안할 때 현재 사용 중인 ALINEA를 보완할 필요가 있다. 관리자와 이용자 측면에서 점유율이 사실상 인지하기 어려운 변수임을 감안할 때 쉽고 간편한 변수의 사용을 통한 모형개발이 의미를 가질 수 있을 것이다. 본 연구에서는 ALINEA 알고리즘의 기본 개념을 이용하되 제어변수인 점유율을 이용할 때의 불편한 점 및 단점을 일부 개선시킬 수 있는 속도 변수를 이용하여 ALINEA 모델을 보완하고자 한다.

ALINEA algorithm, which is one of the best on-ramp metering algorithms, was designed to control the traffic volume from on-ramp in order to maintain the optimal occupancy rate of the detectors installed downstream of the merge area.

But, the reliability of occupancy rate estimated from the loop detectors, which are used most commonly in Korea, is relatively lower than other parameters such as speed and volume. Moreover, because occupancy rate depends on the length of loop detectors and site, lots of calibration work is required whenever they are installed in order to estimate the occupancy rate. Therefore, there exists room for improvement of ALINEA algorithm because only occupancy rate having some problems is considered as a control parameter in ALINEA algorithm. Practically it is difficult to measure or perceive the occupancy rate for traffic engineers and drivers. On the other hand, speed can be good alternative which can overcome the defect induced by using occupancy. In this study, occupancy based ALINEA algorithm is converted to speed based ALINEA assuming the linear relationship between density and speed.

I. 서론

과거 국내의 연속류도로는 대부분 폐쇄식으로 운영되어 왔기 때문에 본선의 유입램프에 대한 특별한 제어 및 관리 시스템이 필요 없었다. 하지만, 최근 개방식 고속국도 및 도시고속도로가 증가하고 있고, 일반국도의 경우도 자동차 전용도로로 건설이 많이 이루어지고 있는 상황에서 연속류의 효과적인 제어 및 관리 시스템은 그 중요함이 더해 가고 있다. 특히, 연속류에서 혼잡이 발생할 경우 대안도로가 부족한 국내의 현실을 고려할 때, 단속류에서의 혼잡에 비해 그 파급효과는 견잡을 수 없을 정도로 커질 수 있을 것이다. 이러한 상황변화에 대응하기 위하여 연속류 관리방안에 대해 관심이 모아지고 있는 것은 당연한 결과라 할 수 있다.

연속류 제어 및 관리 시스템 중 가장 대표적인 전략으로는 램프 미터링을 꼽을 수 있을 것이다. 램프 미터링의 주요 목적은 유입램프의 교통량을 조절하여 본선의 교통량이 용량이하로 운영될 수 있도록 하는 것으로, 램프 미터링 전략은 그 목적에 따라 다양한 형태로 발전하여 왔다. 대표적인 시스템으로는 본선 이용 차량들의 감응을 이용한 단독 램프 제어라 할 수 있다. 램프 미터링 기법은 1960년대 Wattleworth와 Berry(1966)가 진입로통제를 위한 최적화모형연구를 시초로 시작하여 Messer(1969), Yuan(1971), Papageorgiou(1980) 등에 의해 모형개발등 많은 부분에서 연구가 진행되고 있다. 특히 Asservisement Linearire D'entree Autoroutiere (ALINEA)는 전통적인 피드-백 제어이론을 기반으로 한 최초의 단독 램프 미터링 제어 전략으로, 유입램프 하류부의 검지기로부터 수집된 점유율을 이용하는 것이며 현재 가장 널리 사용되고 있다.

ALINEA는 램프의 하류부에 설치된 검지기를 이용하여 최적의 점유율 상태를 유지하도록 유입램프의 교통량을 조절하는 방안으로 차량의 점유율을 제어 변수로 이용하고 있다. 하지만, 현재 가장 널리 사용되고 있는 루프제어기 점유율의 정확도가 비교적 낮다는 관련 전문가들의 의견과 점유율은 검지기 길이의 함수로서 ALINEA의 적용 시 설치 지점마다, 그리고 검지기 길이마다 최적 점유율 보정 과정이 필요하다는 점을 감안할 때 현재 점유율을 제어변수로 하여 사용 중인 ALINEA를 보완할 필요가 있다. 반면, 검지기로부터 추정되는 속도의 정확도는 점유율의 정확도 보다는 비교적 높다는 의견과 속도추정을 위한 검지기의 보정작업이 점유율에 비해 비교적 단순한 점을 고려할 때 속도는 램프미터링을 위한 제어변수로써 하나의 대안이 될

수 있을 것이다. 본 연구에서는 ALINEA 알고리즘의 기본 개념을 이용하되 제어변수인 점유율을 이용할 때의 불편한 점 및 단점을 일부 개선시킬 수 있는 속도 변수를 이용하여 ALINEA 모델을 보완하고자 한다

II. 문헌고찰

국내의 경우 이용복 외(1998)는 Intergration을 이용하여 램프미터링을 변화시켜 고속도로의 총통행시간과 평균속도를 비교하는 분석이 있었다. 이 연구에서는 ATMS 하에서 첨두/비첨두/돌발상황시로 구분하여 효과를 분석하였으며, 램프미터링의 효과가 총통행시간 감소와 평균속도를 유지하는데 효과가 있음을 분석하였다. 김상구 외(1998)는 연속류와 단속류를 모두 반영할 수 있는 CORSIM 분석 모형을 이용해서 램프미터링 적용의 효과가 우수한 구간을 선정하는 연구가 진행되기도 하였다. 그 밖에도 김태완(2003)은 PARAMICS를 이용하여 전통적인 ALINEA를 적용한 램프미터링 기법의 효과분석을 SWARM 등의 기법들과 함께 비교하기도 하는데, 이 연구에서는 ALINEA와 같은 단독 램프미터링 기법이 연동화된 램프미터링 기법에 비하여 효과가 나쁘지 않다고 밝히기도 하였다. 국내의 연구들은 대부분 램프미터링 기법의 적용 또는 램프미터링을 변화시켰을 때의 효과분석이 주된 연구가 되고 있었다.

그밖에 국외의 경우, 국가별 지역별로 다양한 램프미터링의 방법론이 존재하지만 유럽 대부분의 국가에서 ALINEA 알고리즘을 사용하거나, 이를 변형한 알고리즘을 사용하고 있다. ALINEA 알고리즘은 식(1)에서와 같으며, 교통 혼잡이 발생하여 하류부 검지기 감지된 이후에 램프미터링이 작동되는 기존의 전략과 비교할 때, ALINEA는 하류부의 도로점유율 변화($\hat{O} - O_{out}(k)$)에 완만하고 유동적으로 반응하는 장점이 있다. K_r 은 희망 최적 점유율과 실측 점유율의 차이가 다음 주기의 램프교통유율에 미치는 영향의 정도를 나타내는 조절 파라미터로서 현장 실험을 통해 결정되며, 일반적으로 70대/시를 사용하고 있다(김규옥, 2006).

$$r(k) = r(k-1) + K_r [\hat{O} - O_{out}(k)] \quad (1)$$

여기서 $r(k)$: k 시점 램프 교통유율(대/시)
 $r(k-1)$: k-1 시점 램프 교통량(대/시)

- \hat{O} : 희망 최적 점유율
- O_{out} : k 시점 측정 점유율
- K_r : 조절 파라메타 ($K_r > 0$)

하지만 이 모델은 검지기의 점유율에 의해 운영되고, 점유율은 검지기 길이의 함수로 이루어져 있으므로, 최적 점유율은 설치하는 지역마다, 그리고 검지기의 길이에 따라 보정이 필요하다. 또한 최적의 검지기 위치를 찾는 데 어려운 점을 가지고 있는 것은 대부분의 ALINEA 모델의 단점이라 할 수 있다.

그밖에 ALINEA 변형 알고리즘으로 진입연결로의 하류부 점유율이 최적화 될지라도 연결로 상류부가 혼잡이 지속될 수 있으므로 이를 반영하기 위한 MALINEA와 점유율 변수가 아닌 교통량 변수를 이용한 FL-ALINEA, 상류부 검지기에서 측정된 점유율을 이용하여 하류부 점유율을 연산하는 UP-ALINEA, 하류부 교통특성을 예측하기 위하여 상류부 교통량과 연결로 교통량의 합을 계산 후 FL-ALINEA을 이용하는 UF-ALINEA, 대기행렬에 대한 제어 전략을 가미하기 위해서 비디오 감지기 자료를 이용하는 ALINEA/Q등이 있다(Tosef, 1985, Lianyu., 2003)

그 밖의 램프미터링 방법론으로 수요-용량 알고리즘이 있는데, 이는 고속도로 하류부에서 검지되는 도로 점유율과 전 주기의 미터링율에 의해 현재의 미터링율을 결정하는 방식으로, 효과적인 운영을 위해서는 기상효과, 통행구성 등을 설명하는 하류부의 용량이 계산되어야 한다는 제약이 따른다.

III. 속도를 이용한 ALINEA 모델 보완

점유율과 교통량 등을 이용한 램프미터링 및 ALINEA 모델들에 대한 연구와 그 적용성에 대한 연구들은 이미 살펴본 모델의 사례연구에서 다루어졌다. 하지만 운전 중에 있는 이용자뿐만 아니라 관리자에게도 점유율은 인식하고 판단하기 어려운 척도가 될 것이다. 그러므로 운전자나 관리자에서 익숙하고 인지하기 쉬운 변수를 사용한다면 이상 상황의 판단과 관리차원의 조작 시 편리할 것이다. 본 연구에서는 관리자와 이용자 모두에게 인지하기 쉽고, 사용이 편리한 변수인 속도를 이용하여 기존의 ALINEA 모델을 변형하려 한다.

점유율을 이용한 ALINEA 모델을 속도를 이용한 ALINEA_Speed 모델로 전환하기 위해서는 점유율과 속도의 관계를 알아야 하는데, 현재 속도-밀도의 관계를 수학적으

로 정확하게 표현한 식은 존재하지 않는다. 본 연구에서는 속도-밀도의 관계를 표현하는 여러 가지 전통적인 모형 중 가장 간단하고 보편적인 Greenshield 모형의 선형관계 식(2)을 이용하였다. 본 연구의 목적이 점유율(밀도)을 속도로 대체하여 점유율 기반의 ALINEA와 같은 효과를 낼 수 있는지를 테스트하는 것이므로, 이러한 가정은 타당하리라 본다.

$$u = u_f - \left(\frac{u_f}{k_j} \right) k \tag{2}$$

- 여기서 u : 속도(km/h)
- k : 밀도(대/km)
- u_f : 자유속도(km/h)
- k_j : 혼잡밀도(대/km)

식(2)의 밀도와 속도의 관계를 이용하여 검지기로부터 관측되는 밀도를 속도로 표현할 수 있는데, 이 식을 사용하기 위해 필요한 상수인 혼잡밀도(k_j : Jam Density)는 차량길이 7m를 적용하여 143대/km로, 자유속도(u_f : Free-Flow Speed)는 113km/h로 설정하였다.

점유율을 이용한 ALINEA 모델의 2번째 항인 $K_r[\hat{O} - O_{out}(k)]$ 에서는 결국 k-1 시점 램프 교통량에서의 증감폭을 점유율을 이용하여 산정하는 것이기 때문에, 속도를 이용한 ALINEA 모델에서는 이 항을 속도에 대한 함수로 교체함으로써 똑같은 양의 교통량을 산정하면 될 것이다. 우선, 식(3)과 같이 점유율을 이용한 ALINEA 모델의 2번째 항인 $K_r[\hat{O} - O_{out}(k)]$ 와 속도를 이용한 ALINEA 모델의 2번째 항인 $K_{r,s}[\hat{u} - u_{out}(k)]$ 를 같게 놓고, 식(4)와 같이 속도에 대한 조절 파라메타($K_{r,s}$)를 산정해야 할 것이다. 그러므로, 조절 파라메타($K_{r,s}$)는 기존 모형의 조절 파라메타(K_r)와 점유율(O)을 속도로 바꾸었을때의 상황을 모두 반영하는 계수 값이 될 것이다. 최종적으로 ALINEA_Speed 모델은 식(5)와 같이 표현할 수 있다.

$$K_r[\hat{O} - O_{out}(k)] = K_{r,s}[\hat{u} - u_{out}(k)] \tag{3}$$

$$K_{r,s} = \frac{K_r[\hat{O} - O_{out}(k)]}{\hat{u} - u_{out}(k)} \tag{4}$$

$$r(k) = r(k-1) + K_{r,s}[\hat{u} - u_{out}(k)] \tag{5}$$

여기서 \hat{u} 는 희망 점유율(\hat{O})로 부터 식(2)를 이용하여 연산된 희망 속도, u_{out} 는 하류부 검지기에서 측정된 속도를 나타내게 된다. 여기서 K_{rs} 은 식(1)에서 K_r 와 같은 조절 파라메타로서 희망속도와와의 차이에 의하여 미터링의 증가폭을 결정할 수 있는 파라메타가 된다. 이와 같은 과정을 거쳐 조절 파라메타(K_{rs})는 -62.137로 산정되었으며, 일반적인 최적 점유율에 해당되는 0.18에 대응하는 속도는 92.4km/h로 나타났다.

IV. 분석 방법론

1. 시뮬레이션 설계

본 연구를 수행하기 위해서는 검지기의 정보를 이용하여 신호를 운영하는 것이 필요하며, 각 모델에서 파라미터를 조절하면서 램프 미터링을 구현해야 한다. 그러므로 이를 지원할 수 있는 미시적 시뮬레이션 모델 중 하나인 VISSIM을 선정하여 분석하였다. VISSIM은 감응 신호제어를 위해 프로그램화가 가능한 모듈인 Vehicle Actuated Programming(VAP)을 제공하므로 기존 신호제어기의 대부분의 기능 뿐 아니라 검지정보를 이용하여 각종 신호전략을 시뮬레이션 상에서 구현 가능하도록 구성된 시뮬레이션 모델이다.

두 가지 램프 미터링 전략(점유율을 이용한 ALINEA와 속도를 이용한 ALINEA-Speed)을 비교하기 위한 효과적도는 본선 및 램프의 지체시간을 이용하였으며, 두 전략 간의 지체시간 차이를 비교하였다. 두 전략의 지체시간의 차이가 없으면, 속도를 이용한 ALINEA-Speed를 적용하여도 점유율을 이용한 ALINEA를 적용했을 때와 같은 효과가 있다고 판정할 수 있을 것이다.

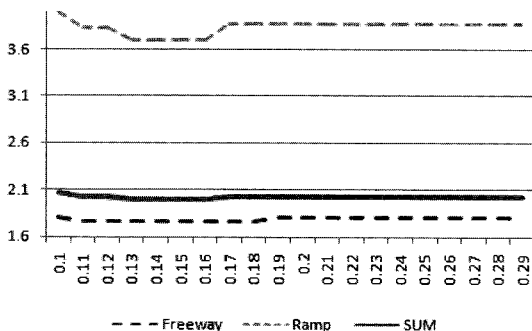
2. 시뮬레이션 시나리오

VISSIM을 이용한 시뮬레이션을 위한 네트워크는 램프 미터링 운영을 위해 가장 일반적이라 할 수 있는 기하구조인 고속도로 본선 3차로, 램프 1차로, 가속차로길이 120m로 설정하였다. 본선의 교통량은 서비스 수준 B의 비교적 한산한 상태의 교통상황과 서비스 수준 D의 거의 용량이 접근하는 근포화 상황을 고려할 수 있도록 하기위해서 각각 3,000대/시와 5,000대/시로 설정하였다. 램프의 교통량은 분석기간 중 본선 진입으로의 수요가 지속적으로 있도록 하고 본선교통량에 의한 미터링률을 고려하여 400대/시로 설정하였다. 또한, 교통량에 관계없이 설계된 교통량이 전부 네트워크로 방출될 수 있게끔 본선과 램프의 길이를 충분히 길게 설정하였다.

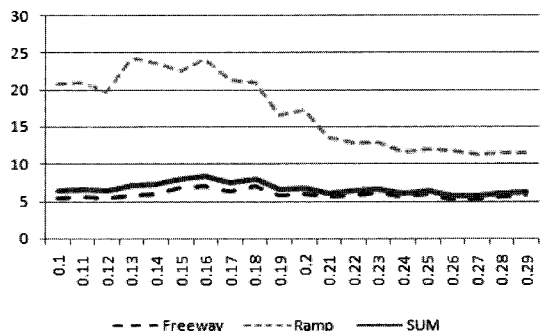
점유율의 Threshold 0.01에 대응하는 속도의 Threshold 값을 101.4km/시로 설정하였다. 즉, 점유율이 0.01 이하일 경우나 본선의 평균속도가 101.4km/h 이상일 때에는 미터링율의 최대치로 설정된 900대/시를 사용한다는 의미이다.

또한, 희망 최적 점유율을 기존의 실험결과를 0.18로 설정을 하였는데, 희망 최적 점유율은 교통 상황에 따라 바뀔 수 있는 변수로 생각할 수 있으므로, 본 연구에서는 0.1부터 0.29까지 30개의 시나리오를 설정하여 분석하였다. 속도에 대해서도 점유율 0.1부터 0.29까지에 대응하는 속도 101.4~80.0km/h를 시나리오 설정하여 희망 최적 속도에 따른 ALINEA 모델의 효과분석을 실행하였다.

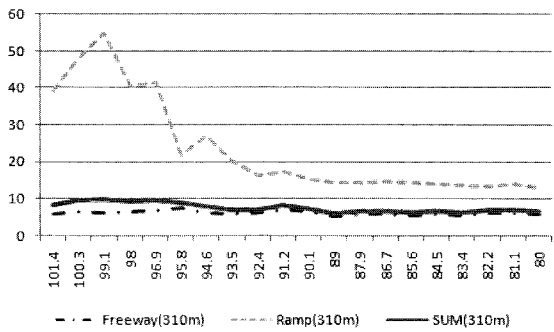
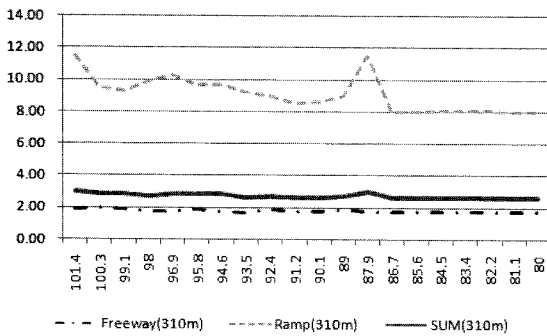
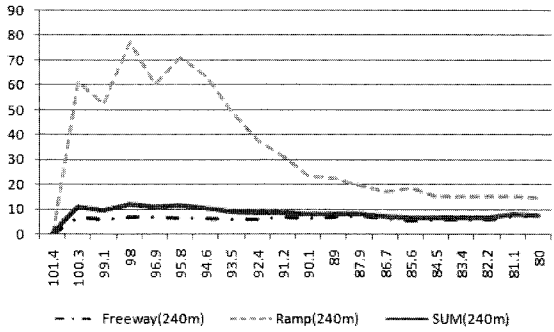
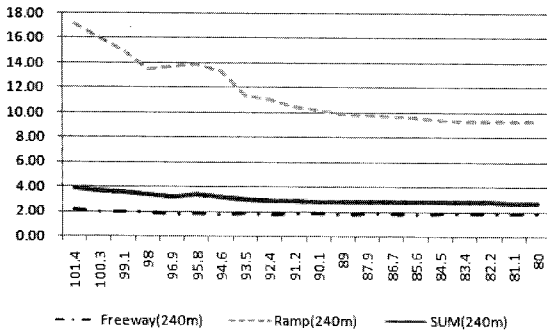
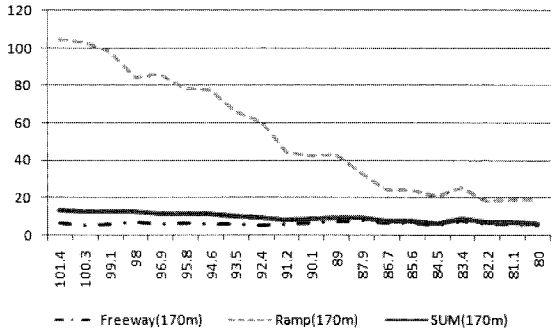
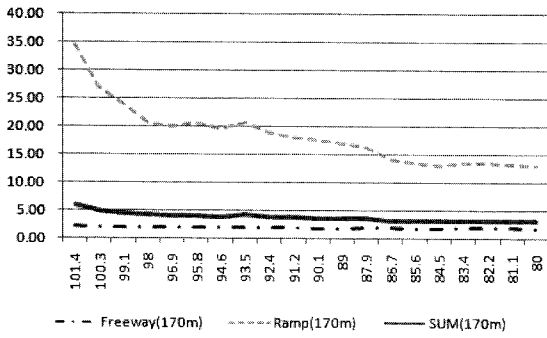
점유율을 기반으로 한 ALINEA 모델의 적용 시 검지기의 위치는 가속차로가 끝나기 전의 혼합상태를 파악하기위해 가속차로의 시작부에서 70m 하류부를 사용하였다. 하지만, 동일 지점을 속도 검지를 위한 지점으로 사용할 경우 램프를 빠져나와 본선에 합류한 후 충분히 가속하



〈그림 1〉 ALINEA-Occupancy (3,000대/시)



〈그림 2〉 ALINEA-Occupancy (5,000대/시)



〈그림 3〉 ALINEA-Speed (3,000대/시)
(170m/240m/310m)

〈그림 4〉 ALINEA-Speed (5,000대/시)
(170m/240m/310m)

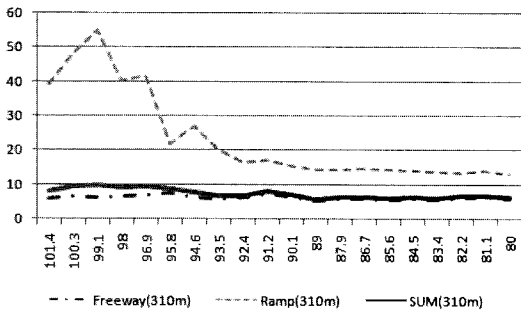
지 못한 상태의 속도가 검지될 우려가 있다. 물론 본선의 교통량이 일정수준 이상에서는 충분히 가속되기 전의 합류차량 속도가 시스템 전체에 미치는 영향이 적을 것이지만, 본선의 교통량이 현저히 적고, 램프의 교통량이 현저히 많을 경우, 본선의 교통량은 적지만 충분히 가속하지 못한 상태의 속도가 검지됨에 따라 당시의 교통상황을 반영하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 점을 고려할 때, 속도를 기반으로 한 ALINEA Speed 모델을 적용할 때 검지기의 위치는 램프로부터의 합류차량이 가속된 후 검지가 이루어질 수 있도록 충분한 거리가 확보되어야 할 것이다. 하지만, 너무 하류부에 위치할 경우, 이 두 가

지를 동시에 고려한 검지기 위치가 필요할 것이다.

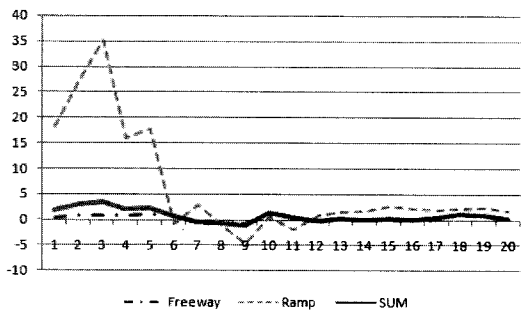
본 연구에서는 속도검지를 위한 검지기 위치를 선정하기 위하여 가속차로의 시작부에서 검지기의 거리를 시나리오(가속차로의 시작 부를 기준으로 170m, 240m, 310m의 위치)로 설정하여 분석하였다.

3. 시뮬레이션 길이

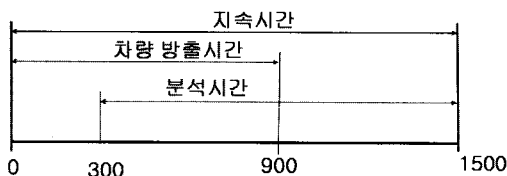
시뮬레이션 시작 후 네트워크가 안정된 후에 본 모델을 적용한 분석을 하였으며, 교통량 진입을 시뮬레이션 종료시간 10분전에 통제하여 교통량이 현저히 줄어드는 상황까지



〈그림 5〉 Occupancy, Speed (3,000대/시)
(Speed-Occupancy)



〈그림 6〉 Occupancy, Speed (5,000대/시)
(Speed-Occupancy)



〈그림 7〉 시뮬레이션 분석시간

를 분석하였다. 시뮬레이션은 진입된 차량이 모두 네트워크를 빠져나갈 때 까지 지속되도록 설계되어있다(〈그림 7〉).

- 분석시간 :
- 시뮬레이션이 시작되고 대략 4~5분 후에 분석을 시작하도록 설계
- 시뮬레이션 시작 후 15분 후면 교통량 진입이 종료 되도록 설계
- 시뮬레이션 지속시간은 25분 분석시간은 20 분사용

V. 실험결과

1. 실험결과

〈그림 1〉에서와 같이 3,000대/시의 교통량 상황에서

희망점유율을 0.13~0.16으로 한 경우 총지체시간이 2.0초/대로 가장 효율적인 램프 미터링 설계가 되었으며, 〈그림 2〉에서는 5,000대/시의 상황에서 희망점유율이 0.27의 경우 5.7초/대로 가장 지체시간이 작은 희망점유율로 분석 되었다. 이 결과로부터 교통량에 따라 최적 희망 점유율이 달라지는 것을 알 수 있었다. 그러므로 최적 희망 점유율은 교통량 및 지점의 특성에 따라 결정되어야 할 것이다.

ALINEA_Speed의 시뮬레이션은 ALINEA 모델과 같은 조건을 제공하면서 세 지점(170m, 240m, 310m)에서 검지된 속도자료를 이용하여 실행하였으며, 그 결과는 〈그림 3〉과 〈그림 4〉와 같이 나타나게 된다. 〈그림 3〉의 경우 3,000대/시의 교통량 일때 310m에서 검지된 지점 속도를 이용한 경우 희망속도를 80.0~85.6km/h, 91.2~90.1km/h로 할 때 총지체시간이 2.6초/대로 가장 작은 지체시간을 나타내고 있다. 또한 〈그림 4〉의 5,000대/시의 경우에서도 310m 지점의 속도를 이용할 때 89.0km/h의 희망 속도에서 5.9초/대의 가장 작은 지체시간을 나타내었다.

ALINEA-Speed의 경우 170m와 240m 지점의 검지기 자료를 이용하여 램프 미터링 전략을 수립할 경우 총 통행시간을 감소시킬 수 있는 최적대안이 되지 못하고 있다. 그러므로 310m 지점에서 검지된 속도를 이용하여 전략을 구성하는 것이 효율적임을 확인 할 수 있다. 이는 램프 합류부의 교통상황을 정확하게 파악하기 위해서는 본선 진입 후 차량들이 충분히 가속한 다음에 속도 검지가 이루어져야 한다는 것을 보여주는 것이다. 그러므로 〈그림 3〉과 〈그림 4〉의 경우와 같이 310m 지점에서 수집된 속도자료를 이용하여 램프 미터링을 할 때 2.6초/대와 5.9초/대의 총 지체시간을 최소화 하는 전략이 유효하다고 판단할 수 있다.

2. 실험결과 비교

본 연구에서는 같은 조건의 도로와 교통상황에 대하여 점유율을 이용한 ALINEA를 이용한 경우와 속도를 이용한 ALINEA-Speed를 적용한 경우로 나누어 비교하였으며, 두 전략의 경우 확연히 다른 결과 값을 나타내지 않는 것으로 판단되었다. 〈그림 5〉의 경우와 같이 교통량이 3,000대/시일 때와 〈그림 6〉과 같이 교통량이 5,000대/시일 때 대부분 1초 이하의 총 통행시간의 차이가 있었다. 또한, 최적 점유율을 이용할 때의 ALINEA 알고리즘과

〈표 1〉 최적 전략

Volume	Occupancy				Speed-310m				Speed-Occupancy		
	OpOCC	Freeway	Ramp	SUM	OpSPD	Freeway	Ramp	SUM	Freeway	Ramp	SUM
3,000 대/시	0.29	1.8	3.9	2.0	80.0	1.8	8.0	2.6	-	4.2	0.5
5,000 대/시	0.27	5.2	11.2	5.7	89.0	5.2	14.5	5.9	-	3.3	0.2

최적 속도를 이용할 때의 ALINEA-Speed 알고리즘을 이용할 때의 지체 차이는 〈표 1〉과 같이 교통량 3,000대/시의 경우, 0.5초/대, 교통량 5,000대/시의 경우, 0.2초/대이다. 그러므로, 점유율과 속도를 이용할 때 각각의 최적 안을 적용하면 거의 비슷한 효과를 볼 수 있다고 할 수 있을 것이다. 이와 같이 최적 점유율과 이에 대응하는 최적 속도가 다른 결과를 보이는 것은 본 연구에서 밀도-속도의 관계를 현실과는 차이가 있는 Greenshield의 선형관계로 가정했기 때문인 것으로 파악된다.

VI. 결론

본 연구에서는 기존의 ALINEA 모형의 주요변수(점유율)를 새로운 변수(속도)로 전환하여 기존 모형과 ALINEA_Speed 모형을 비교하였다. 이를 통하여 보정작업이 과다한 점유율을 이용한 ALINEA 방법대신 인지하기 쉽고, 간편한 속도를 이용한 ALINEA_Speed 모형의 적용 가능성을 검토 하였다. 점유율과 속도의 변환은 선형 관계를 통해서 이루어 졌으며, 기존전략과의 비교에 있어서 점유율을 이용한 ALINEA의 최적 값 적용과 속도를 이용한 ALINEA_Speed의 최적 값 적용시의 지체 차이는 0.2~0.5초/대로 차이가 많지 않음을 알 수 있었다. 이는 속도를 이용한 모델적용이 가능 할 수 있음을 시사하고 있는 것이다. 하지만, 본 연구의 시나리오에서는 검지기 위치가 가속차로 시작부로부터 멀어 질수록 총지체를 감소시킬 수 있으므로, 좀더 효율적인 검지기 위치 설정에 대한 연구가 이루어져야 할 것이며, 교통량에 따른 최적 램프미터링율의 변화에 대한 좀더 다양한 연구가 이루어져야 할 것이다. 즉, ALINEA와 ALINEA_Speed 모델 모두 교통량에 따른 최적의 미터링율이 변하고 있음을 감안할 때 기존에 상수로써 최적 미터링율을 고정시키는 전략보다는 다양한 교통량과, 검지기 위치에 대한 시나리오 분석을 통해서 실시간으로 변화하는 미터링율 연구가 필요할 것이다.

또한, 본 연구에서는 ALINEA_Speed 모형을 개발하기 위하여 밀도-속도의 관계를 Linear로 가정하였지

만, 향후 밀도-속도의 실제관계를 확률모형으로 표현할 수 있는 방법을 개발하여, 이를 이용한다면 좀 더 현실적이고, 효율적인 ALINEA_Speed 모형을 개발할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 김규욱·이은미(2006), 첨단교통정보를 활용한 도로 운영 및 제어방안 연구, 한국교통연구원.
2. 이시복·이상건·박진호(1998), ITS를 통한 돌발적 교통 정체 저감효과 분석 -경부고속도로를 중심으로-, 대한교통학회지, 제16권 제2호, 대한교통학회, pp.37~51.
3. 김상구·이기영·김영호(1998), 고속도로 Ramp Metering 효과 분석 연구, 한국도로공사 도로연구소.
4. 김태완(2003), 컴퓨터 모의실험을 통한 고속도로 램프미터링의 효과분석, 대한토목학회지, 제23권 제6호, 대한토목학회.
5. J.A. Wattleworth and D.S. Berry(1966), "Peak-Period Control of a Freeway System-Some Theoretical Investigations" In Highway Research Record 89, HRB, National Research Council, Washington D.C.
6. C.J. Messer(1969), "A Design and Synthesis of a Multilevel Freeway Control System and a Study of its Associated Operational Control Plan" Texas A&M University, College Station.
7. L.S. Yuan and J.B.Kreer(1971), "Adjustment of Freeway Lamp Metering Rates to Balance Entrance Ramp Queues" Transportation Resrarch Vol. 5.
8. M. Papageorgiou(1980), "A New Approach to Time-of-Day Control Based on a Dynamic Freeway Traffic Model" Transportation Research Vol. 14B.
9. Tosef, Sheffi(1985), "Transportation Networks - Equilibrium Analysis with Mathematical

Programming Methods".

10. Cambridge Systematics, Inc(2001), "Twin Cities Ramp Meter Evaluation", Minnesota Department of Transportation.
11. Lianyu Chu and Xu Yang(2003), "Optimization of the ALINEA Ramp Metering Control Using Genetic Algorithm with Micro-Simulation", TRB Annual Meeting.

✎ 주 작성자 : 조한선

✎ 교신저자 : 조한선

✎ 논문투고일 : 2008. 2. 23

✎ 논문심사일 : 2008. 5. 14 (1차)

2008. 7. 30 (2차)

✎ 심사판정일 : 2008. 7. 30

✎ 반론접수기한 : 2009. 2. 28

✎ 3인 익명 심사필

✎ 1인 abstract 교정필