

중앙버스전용차로 근측정류장과 신호교차로의 이격거리 산정에 관한 연구

A study on the Spacing between Near-side Bus Stops and Signalized Intersection in Median Exclusive Bus Lane

<p>최윤영* (Yoon-Young Choi) (Seoul Nat'l University)</p>	<p>강원모** (Wonmo Kang) (Incheon Development Institute)</p>	<p>하동익*** (Dongik Ha) (Seoul Nat'l University)</p>	<p>고승영**** (Seung-Young Kho) (Seoul Nat'l University)</p>
---	--	---	--

요약

중앙버스전용차로 근측(Near-side)정류장의 경우 버스교통량이 많아지면 정류장 내에서 신호대기를 하는 차량이 발생하게 되고, 이로 인해 정차면에 진입하지 못하고 신호를 대기하는 차량이 발생하는 비효율이 발생하게 된다. 본 연구는 이러한 현상을 해소하기 위하여 근측버스정류장과 신호교차로의 적정 이격거리를 산정하는 방법을 제시하고자 한다. 기존의 포아송 모형에서 승하차시간을 승하차시간과 신호대기시간의 합으로 변형하여 정차면과 이격거리를 동시에 산정하도록 제시하였다. 또한 이격거리 증가에 따라 신호대기시간이 변화하는 현상을 미시시물레이션으로 모사하였다. 마지막으로 이격거리에 따라 변경되는 신호대기시간을 반영하기 위한 반복 알고리즘을 제시하여 적정 이격거리를 산정하도록 제시하였다. 제시된 알고리즘을 적용하여 교통량 수준에 따른 중앙버스전용차로 근측정류장의 적정 이격거리를 제시하였다.

핵심어 : 중앙버스전용차로, 근측정류장, 이격거리, 포아송 모형

ABSTRACT

Increased bus traffic leads inefficiency at near-side bus stops in median exclusive bus lane because buses are waiting for a signal does not have a vehicle arrived. This study suggests a method for estimating a proper spacing between bus stops and signalized intersection to prevent the inefficiency. We modified the Poisson model for a proper spacing by using both dwell time and waiting time of signal instead of using dwell time only. The waiting time of signal changes by spacing and it was measured using micro simulation program. The iterative algorithm using the change of waiting time of signal was also suggested. By applying the proposed method, measure waiting time by simulation and iterative algorithm, the spacing of near-side bus stops, proper spacing is suggested according to flow rate level.

Key words : Median exclusive bus lane, Near-side bus stops, Spacing, Poisson model

† 본 연구는 서울대학교 건설환경종합연구소의 지원을 받아 수행하였습니다.

† 본 논문은 한국ITS학회의 2015년 춘계학술대회에 발표되었던 논문을 수정·보완하여 작성하였습니다.

* 주저자 : 서울대학교 건설환경공학부 박사과정

** 공저자 : 인천발전연구원 연구원

*** 공저자 : 서울대학교 건설환경종합연구소 연구교수

**** 교신저자 : 서울대학교 건설환경공학부 교수

† Corresponding author : Seung-Young Kho(Seoul Nat'l University), E-mail sykho@snu.ac.kr

† Received 10 October 2016; reviewed 4 November 2016; Accepted 24 November 2016

I. 서론

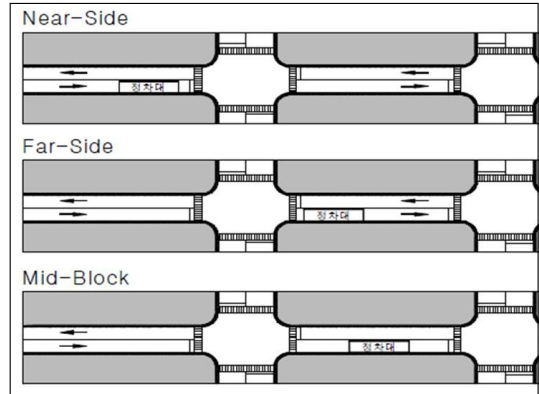
1. 연구의 배경 및 목적

서울시의 중앙버스전용차로제는 2004년 7월 도입된 이래 지속적으로 확대되고 있으며, 2014년 기준 13개 구간에 총 126.1km가 운영되고 있다[1]. 서울시에 따르면 중앙버스전용차로 도입으로 첨두시 평균통행속도가 15.8km/h에서 19.9km/h로 약 28% 정도 향상되었으며, 버스차량 간 운행시간의 편차를 줄여 통행시간 신뢰성을 확보하는 효과가 있는 것으로 나타났다[2].

서울시 중앙버스전용차로에 설치된 정류장은 2014년 기준 347개가 있으며, ‘간선급행체계 설계지침’(Ministry of Construction and Transportation, 2006)[3]은 <Fig. 1>과 같이 설치위치에 따라 근측(Near-side), 원측(Far-side), 미드블럭형(Mid-block)으로 구분하고 있다. 미드블럭형의 경우 긴 정차면을 확보할 수 있고, 근측이나 원측정류장 설치가 불가능한 곳에 설치할 수 있다는 장점이 있으나 지하철 환승에서 불리한 점이 있다. 원측정류장은 회전교통량이 많은 경우에 사용할 수 있으나 spill-back의 우려가 있다. 근측정류장의 경우 교통상태가 심각하지 않은 수준에서 많을 때 적용하도록 제시되어 있으며, 특히 직진교통량이 많을 때 유리하지만 좌회전을 방해할 수 있으며 시간당 교통량이 매우 큰 경우 비효율 문제가 발생한다.

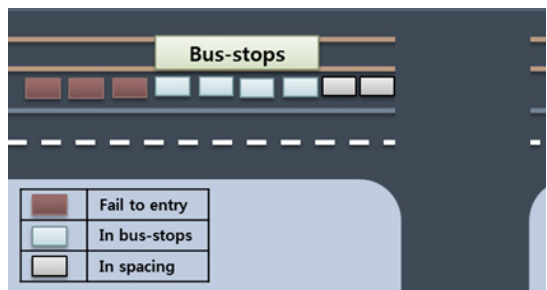
서울시 중앙버스전용차로의 근측정류장은 지하철 환승 시 보행자의 동선을 가장 짧게 할 수 있다는 장점이 있지만, <Fig. 2>와 같이 첨두시 교통량이 많아지면 정류장에 도착해도 정차면에 진입하지 못하고 대기하게 되는 비효율이 발생한다. 이러한 차량은 이후 녹색신호 때 정류장에 진입하여 승하차를 실시하게 되는데, 녹색시간에 교차로 통과를 하지 못하고 승하차를 실시하기 때문에 많은 차량이 통과하지 못하는 신호 비효율이 발생한다. 그

결과 버스정류장에 차량이 쌓이고 또다시 정류장 정차면에 진입하지 못하고 대기하게 되는 악순환이 발생하게 된다.



<Fig. 1> Type of bus stops in median exclusive bus lane[3]

이러한 비효율성 문제는 교통량에 따른 적정 정차면을 산정하는 것 보다는 정류장의 위치를 이동하는 방법으로 해결하는 것이 효율적이다. 왜냐하면 이용자의 불편과 정차면 이용효율 등으로 인하여 실제 정차면을 4면 이상 확보하기는 어렵기 때문이다. 설계지침 역시 최대 4면을 사용할 것을 권장하고 있어, 교통량에 따른 필요 정차면이 4면 이상일 경우 문제해결이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 중앙버스전용차로의 근측정류장에 신호대기를 위한 적절한 이격거리를 산정하여 제기된 비효율성 문제를 해결하고자 한다.



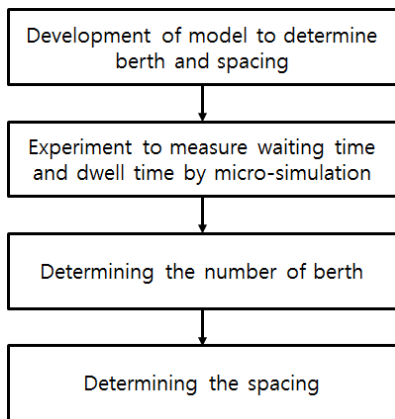
<Fig. 2> Concept of inefficiency on near-side bus stops

1) 서울열린데이터 광장, (<http://data.seoul.go.kr/openinf/>)
 2) 서울정책아카이브, (<https://seoulsolution.kr/ko/content/중앙버스전용차로>)

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 서울시 중앙버스전용차로 근측정류장과 신호교차로의 적정 이격거리를 산정하고자 한다. 본 연구는 이를 교차로 이격거리와 실제정차면의 거리가 합쳐진 형태의 정차면 산정모형으로 해결하고자 한다. 기존의 정차면 산정모형을 변형하여 적정 정차면 산정모형을 개발한 뒤, 모형에서 제시된 적정 정차면이 4면이 이상일 경우 4면을 실제 정차면의 거리로 결정하고 나머지 거리를 적정 이격거리로 산정한다. 적정 정차면 산정모형의 경우 포아송 모형을 응용하였다.

이 문제를 해결하기 위해서는 정차시간의 산정이 필요한데, 기존모형의 경우 승하차 시간만을 이용하고 있다. 본 연구는 이격거리와 정차면을 합하여 산정하는 모형을 이용하므로 승하차 시간과 신호대기시간을 합하여 정차시간으로 활용하였다. 승하차 시간과 신호대기 시간을 포함하는 정차시간은 미시교통류 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 산정하였는데, 교통량 수준과 승하차시간의 수준에 따라 다양하게 산정하였다. 시뮬레이션을 위한 예제 네트워크는 실제로 중앙버스전용차로의 근측정류장이면서 교통량 수준이 높은 송파대로의 잠실역 앞 버스정류장을 대상으로 하였다. 교통량은 실제 관측 가능성이 높은 다양한 범위 내에서 시뮬레이션을 수행하였다.



<Fig. 3> Research process

본 논문은 문헌고찰, 적정 이격거리 산정모형 개발, 적정 이격거리 산정모형 적용, 결론 순으로 구성되었다.

II. 문헌고찰

1. 이격거리 산정연구

Ha et al.(2002)[4]은 신호교차로와 버스정류장간의 이격거리 산정을 위하여 좌회전을 완료하는데 필요한 이격거리를 산정하였으며 신호주기, 대기행렬길이 등을 고려하여 기존의 설계기준인 엇갈림 길이와 비교하였다. 대기행렬모형과 간격수락모형을 이용하여 각각 최소 이격거리를 산정한 뒤 더 큰 값을 최소이격거리로 제시하였다. 모의실험을 통해 대체적으로 기존 기준보다 긴 거리의 적정 이격거리를 제시하였다.

Yang et al.(2014)[5]은 버스중앙차로를 대상으로 버스의 좌회전이 이루어질 경우에 효율적인 최소이격거리와 정류장의 최소길이를 판단하였다. 기존 엇갈림 길이 식이 연속류를 대상으로 한다는 한계점을 지적하고, 대기행렬 길이를 이용하여 좌회전에 방해받지 않는 이격거리를 산정하였다. 대기행렬 길이를 분석한 결과 최소 이격거리를 38m로 추정하였다.

해외의 경우 Fitzpatrick et al.(1996)[6]에서 근측정류장에 대하여 약 30m의 이격거리를 확보하도록 제시하고 있다.

2. 정차면 산정연구

Kawk(2009)[7]은 교통량, 적색신호와 함께 평균 정차시간을 평균정차시간과 평균소거시간의 합으로 구성하여 적정 정차면을 산출하는 모형을 제시하였다. 기존모형의 정차시간을 승하차시간이 아닌 정차시간과 소거시간의 합의 개념으로 사용하였고, 정차시간은 BMS자료를 활용하였다. 또한 기존의 TCQSM (Transit Capacity and Quality Service of Manual)이 교통량이 적은 부분에서 과소산정 되고, 교통량이 많은 부분에서 과대 산정되는 문제를 개선한 모형을 제시하고 있다. 또한 5면이 초과되는 정류소는

2열 정류소 도입을 권유하고 있다.

‘간선급행체계 설계지침’(Ministry of Construction and Transportation, 2006)[3]은 정차면 산정에 대한 기준을 제시하고 있다. BRT정류장 간격은 형태, 개발밀도, 정류장 도달 수단 등에 따라 결정하도록 되어 있다. 즉, 승객이 많이 유발되는 곳에 위치하도록 하고 있다. 정류장간격은 도시부에서 최소 500~600m로 권장하고 있다. 정차면을 산정하기 위해서는 TCQSM 제시모형과 포아송분포를 적용한 모형을 사용하고 있다. 하지만 두 경우 모두 정차시간을 승하차시간으로 사용하고 있는데, 이는 단속류 특성을 반영하지 못하는 것으로 지적되고 있다.

III. 적정 이격거리 산정모형 개발

본 연구는 근측정류장의 신호 비효율 문제를 해결하기 위한 적정 이격거리 산정을 위하여 정차면 산정문제를 활용하였다. ‘간선급행체계 설계지침’(Ministry of Construction and Transportation, 2006)[3]에 제시된 TCQSM모형과 포아송 모형 중 포아송모형을 응용하였다. 포아송 모형은 차량의 시간당 도착율과 승하차시간을 이용하여 적정정차면을 산정하지만, TCQSM 모형의 경우 상류부 녹색시간의 비율(g/C)에 통과한 차량을 도착하는 차량으로 보고 정차면을 산정하는 모형이다. 우리나라의 경우 중앙버스전용차로를 이용하고 있지만 모든 차량이 상류부에서 직진에 의해 오지 않고 좌회전 또는 우회전하여 접근할 수 있기 때문에 본 연구에서는 정차면 산정을 위한 포아송 모형을 이용하여 접근하고자 한다.

1. 포아송 모형

포아송 분포를 적용한 정차면수 산정 모형은 평균차량도착율(λ)과 서비스시간(μ)을 포아송 분포의 평균으로 적용하여 도착율을 산정하고, 이 중 98%의 누적 확률을 적용하여 98%를 정차시킬 수 있도록 정차면을 산정하는 모형이다. 이 때, 서비스시간은 승하차시간을 사용하도록 지침에 제시되어 있다. 최종적으로 정차면의 수(N)는 식(2)를 만족하는

가장 작은 정수가 된다.

$$P(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \times \frac{e^{-\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)}}{n!} \dots\dots\dots (1)$$

$$N = \sum_{k=1}^N P(k) \geq 0.98 \dots\dots\dots (2)$$

λ : 평균차량도착율(대/시)
 μ : 서비스시간(승하차시간)
 N : 적정 정차면의 수

본 연구는 포아송 분포를 이용한 정차면 산정 모형에서 서비스시간을 승하차시간(t_D)이 아닌, 승하차시간과 하류부 신호를 대기하는 시간(t_W)을 합한 시간(t_{DW})으로 변경하고, 이 때 산정되는 정차면은 정차면의 수(N)와 이격거리(S)의 합(NS)으로 변경하여 구하고자 한다. 즉, 식(1)과 (2)를 대신하여 식 (3)과 (4)를 이용하여 NS 를 구하게 된다.

$$P(n) = \left(\frac{\lambda}{t_{DW}}\right)^n \times \frac{e^{-\left(\frac{\lambda}{t_{DW}}\right)}}{n!} \dots\dots\dots (3)$$

$$NS = \sum_{k=1}^N P(k) \geq 0.98 \dots\dots\dots (4)$$

t_{DW} : 승하차 시간과 하류부 신호대기시간의 합
 NS : 적정 정차면과 이격거리의 합

산정된 NS 값을 다시 적정 정차면수(N)와 이격거리(S)로 나누어야 한다. 정차면을 포함한 정류장이 시작되는 지점을 기준으로 NS 값이 산정되고 정차면(N)을 뺀 거리를 이격거리(S)로 한다. 식(5)와 같이 최대정차면은 운영효율을 위해 4면까지만 허용하고, 식 (6)과 같이 NS 가 4면보다 큰 값인 경우 4면을 초과하는 거리를 이격거리(S)로 사용하도록 한다.

$$N = \min[4, N_C] \dots\dots\dots (5)$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{if } N \leq 4 \\ (NS - N) \times L_B, & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (6)$$

S : 정류장 이격거리
 L_B : 버스의 정차면 거리 (15m/1면)

2. 이격거리에 따른 승하차 시간과 하류부 신호 대기 시간의 변화

제시된 정차면 산정 모형을 적용하기 위해서는 승하차시간과 하류부 신호대기 시간을 산정하는 것이 중요하며, 이는 미시시물레이션 프로그램인 Vissim 7.0을 통해 산정하였다. 시물레이션 환경을 구축하기 위하여 송파대로 잠실역 앞 정류장을 기준으로 환경을 설정하였다. 정류장 내 정차면은 4면, 하류부 신호주기 180초, 녹색시간은 55초로 설정하였다³⁾[8]. 승하차시간과 하류부 신호대기시간의 합인 t_{DW} 는 교통량에 따른 함수로 교통량의 범위를 100대/시(차두시간 36초), 120대/시(차두시간 30초), 140대/시(차두시간 26초), 150대/시(차두시간 24초), 164대/시(차두시간 22초)의 다섯 가지 범위로 선정하였으며, 승하차 시간은 15초와 20초의 두 가지 시나리오로 선정하였다. ‘간선급행체계 설계지침’(Ministry of Construction and Transportation, 2006)[3]에 제시된 식을 이용할 경우 승하차 시간 15초는 대당 평균 5.3명, 20초는 대당 평균 7.2명이 이용하는 수준이다. 이격거리 또한 t_{DW} 에 영향을 주기 때문에 1면에서 4면까지 변화시키며 값을 산출하였다. 설정된 시나리오마다 각 3회씩 시물레이션을 수행하여 평균 t_{DW} 값을 산출하였으며 그 결과는 <Table 1> 과 <Table 2>에 제시되어 있다.

분석결과를 보면 동일한 교통량에서 이격거리가 증가할수록 t_{DW} 값이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이는 승하차 시간이 동일할 경우 이격거리 확보를 통해 신호를 통과하는 평균시간이 감소했음을 의미하고, 본 연구에서 해결하고자 하는 문제인 정류장 진입실패가 감소했다는 것을 증명한다. 한편, 시물레이션 상에서 중앙버스전용차로의 교통류율이 164대/시인 경우 t_{DW} 가 신호주기인 180초를 상회하여 서비스 수준이 급격하게 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 단, 이격거리 60m를 확보할 경우 t_{DW} 가 85.6초로 급격히 감소하였다. 한편, 교통량이 100대/시일 경우 이격거리에 따른 t_{DW} 의 변화가

0m에서 60m로 변경하여도 약 10% 수준만 감소하는 것으로 나타났다.

<Table 1> Value of t_{DW} with 15 sec dwell time

Flow rate (veh/h)	t_{DW} (sec)				
	Spacing				
	0m	15m	30m	45m	60m
100	68.3	66.9	64.8	62.5	61.2
120	68.8	65.0	63.5	61.7	59.5
140	66.9	63.6	61.9	55.9	57.7
150	84.2	70.9	66.2	64.9	62.9
164	172.7	97.1	78.2	63.0	64.7

<Table 2> Value of t_{DW} with 20 sec dwell time

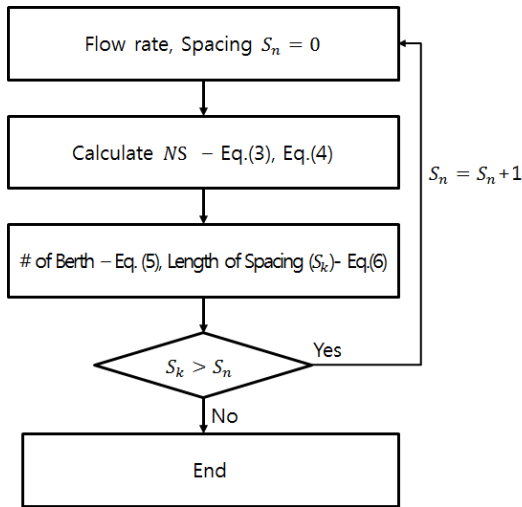
Flow rate (veh/h)	t_{DW} (sec)				
	Spacing				
	0m	15m	30m	45m	60m
100	68.6	67.8	65.7	63.5	62.2
120	69.9	66.0	63.8	60.6	58.5
140	99.9	70.6	72.5	71.7	66.3
150	155.5	160.2	158.2	155.5	66.6
164	>180	>180	>180	>180	85.6

이러한 현상은 Cho and Lee(2013)[9]의 연구와 비교할 수 있다. Cho and Lee(2013)[9]은 신호가 설치된 중앙버스전용차로의 버스 포화교통류율을 산정하면서 정류장 이격거리에 따라 포화교통류율의 보정계수를 선정하였는데 130m 이상일 경우 대비 20m 미만이면 0.50, 70m일 경우 0.75의 보정계수를 적용하였다. Cho and Lee(2013)[9]의 연구에서 이격거리 70m대비 20m 미만의 보정계수 비율은 0.67이다. 본 연구에서 승하차 시간이 15초일 경우 포화상태에 가까운 경우를 150대/시로 본다면 0m 이격거리 대비 60m 이격거리의 t_{DW} 비율은 0.75로 유사한 수준에서 감소되는 현상을 모사하고 있다.

3) 송파대로 중앙버스전용차로 모니터링, 서울시, 2008

3. 반복 알고리즘

본 연구에서 제시하고 있는 방법에 의하여 근측 정류장의 적정 이격거리를 구할 경우 식(3), (4), (5), (6)을 이용하고, 이 때 t_{DW} 값은 <Table 1>과 <Table 2>를 이용하여 설정할 수 있다. 이 문제는 이격거리에 따라 t_{DW} 값이 변하기 때문에 방정식과 같이 정확해(exact solution)를 한 번에 계산할 수 없으며, 반복계산에 의해 수렴되는 해를 찾아야 한다. 이를 알고리즘으로 나타내면 <Fig. 4>와 같다. 최초로 교통량값과 이격거리 0m, $S_n = 0$ 을 기준으로 t_{DW} 을 이용하여 식(3), (4), (5), (6)을 이용하여 적정 이격거리 S_k 를 산정한다. 이 때, S_k 가 S_n 보다 크게 되면, 이격거리를 증가시켜야 하므로, $S_n = S_n + 1$ 로 변경시키고 이에 따라 t_{DW} 값을 갱신하여 다시 적정 이격거리 S_k 를 산정한다. S_k 값이 S_n 과 같거나 작아지면 반복을 종료한다.



<Fig. 4> Iterative algorithm

본 연구의 반복 알고리즘은 이격거리에 따라 t_{DW} 값이 감소하는 함수일 때, 이격거리를 늘려가면서 감소된 t_{DW} 를 만족하는 최적정차면수를 찾아가는 방법으로 수렴한다. 하지만 t_{DW} 값이 감소하지 않고 일정하거나 증가할 경우 해가 수렴하지 않을 수 있다.

IV. 적정 이격거리 산정모형 적용

제시된 모형식 식 (3), (4), (5), (6), <Table 1>과 <Table 2>에 제시된 t_{DW} , <Fig. 4>로 제시된 반복 알고리즘을 이용하여 교통량수준, 승하차시간(평균 승하차 인원)의 시나리오별 적정 정차면수(N)와 적정 이격거리(S)를 산출하였다. 분석결과 교통량 100대/시일 경우 15m의 이격거리가 적절하였으며, 120대/시일 경우 30m의 이격거리가 필요하였다. 교통량이 140대/시 일 때부터는 승하차 시간에 따라 다른 결과가 나타나는데, 평균승하차 시간이 20초일 경우 45m의 이격거리를 갖는 것이 적절한 것으로 분석되었다. 버스 교통량이 150대/시이고 승하차 시간 15초일 경우 45m, 20초일 경우 60m의 이격거리가 필요한 것으로 분석되었다. 교통량이 164대/시일 때 승하차 시간이 평균 15초일 경우에는 45m의 이격거리가 필요하지만, 평균승하차 시간이 20초인 경우에는 60m 이상의 이격거리가 필요한 것으로 분석되었다. 단, 본 연구는 중양버스전용차로의 소통 측면에서의 적정 이격거리를 산정한 것으로 횡단도도 사고 특성 등을 고려하여 최소이격거리를 별도로 적용하는 것이 바람직하며, 안전을 고려한 최소 이격거리가 본 연구의 소통측면의 이격거리보다 클 경우 안전을 위한 최소이격거리를 적용하는 것이 바람직하다. 이와 관련하여 Lim et al.(2012)[10]은 최소한의 정지선 후퇴가 교통사고를 감소시키는 것으로 보고하였다.

본 연구에서 t_{DW} 을 측정하지 않은 구간에 대해 논의해 보면, 버스교통량이 100대/시 일 경우 이격거리 증가에도 t_{DW} 값의 감소가 매우 낮기 때문에 교통안전을 고려한 최소 이격거리만 필요할 것으로 판단된다. 반면, 본 연구결과 교통량이 164대/시를 넘고, 평균승하차 시간이 20초인 경우 t_{DW} 값이 신호주기인 180초를 상회하게 된다. 이 경우 이격거리를 60m 이상으로 늘릴 수 있으나, 보행속도를 1m/s로 적용할 경우 보행시간이 1분이 넘어가게 되어 근측정류장이 갖는 접근성의 이점이 상실되게 되며, 오히려 무단횡단을 유발할 수 있다. 따라서 이런 경우 교통량을 분산시켜 효율적인 정류장이 운영될

수 있도록 하거나, Kawk(2009)[7]가 제시한 바와 같이 2열 정류장을 도입하는 것을 검토할 수 있다.

반복알고리즘 사용 여부에 따른 적정 이격거리의 차이를 비교하기 위해 반복알고리즘을 적용하지 않고, 이격거리 0m인 경우의 t_{DW} 만을 적용하여 적정 이격거리를 산출해 보았다. 반복알고리즘을 사용한 경우와 비교한 결과, 교통량이 140대/시 이상일 때 반복알고리즘을 적용 여부에 따라 적정 이격거리에 차이가 발생하였다. 평균승하차 시간이 20초, 버스교통량이 140대/시일 경우 반복알고리즘을 적용할 경우 45m의 이격거리가 필요하지만 반복알고리즘을 적용하지 않을 경우에는 적정 이격거리가 60m로 과대 산정되는 것을 확인할 수 있다. 버스 교통량이 150대/시 이상인 경우에는 평균 승하차 시간 15초 및 20초 모든 경우에서 반복알고리즘을 적용하지 않을 경우 적정 이격거리를 과대 산정하는 것으로 나타났다. 따라서 이격거리를 과대 산정하는 비효율을 방지하기 위해서는 반복알고리즘을 반드시 적용하여 적정 이격거리를 산출해야 한다.

<Table 3> Result of analysis

Flow rate (veh/h)	Dwell time 15sec		Dwell time 20sec	
	# of berth	Spacing	# of berth	Spacing
100	4	15m	4	15m
120	4	30m	4	30m
140	4	30m	4	45m
150	4	45m	4	60m
164	4	45m	4	>60m

<Table 4> Difference of spacing with and without iterative algorithm

Flow rate (veh/h)	Dwell time 15sec		Dwell time 20sec	
	Iterative algorithm			
	With	Without	With	Without
100	15m	15m	15m	15m
120	30m	30m	30m	30m
140	30m	30m	45m	60m
150	45m	60m	60m	>60m
164	45m	>60m	>60m	>60m

V. 결 론

본 연구는 중앙버스전용차로 근측정류장에서 발생할 수 있는 신호비효율 문제를 해결하기 위하여 신호교차로로부터 적정 이격거리를 확보할 것을 제안하였다. 미시교통류 시뮬레이션을 통해 이격거리를 확보할수록 평균 신호통과시간이 감소하는 것을 확인하였다. 또한, 본 연구는 적정 이격거리를 산정할 수 있는 방법을 제안하였다. 포아송 모형을 이용하되 모형의 정차시간을 기존 모형의 승하차시간에서 승하차시간과 신호대기시간의 합(t_{DW})으로 변형하였으며, 이를 통해 정차면과 이격거리를 동시에 산출할 수 있는 방법론과 알고리즘을 제시하였다. 또한, 미시시뮬레이션을 통해 이격거리에 따른 t_{DW} 의 값을 제시하였다. 제시된 방법론을 이용하여 최종적으로 교통량(100대/시, 120대/시, 140대/시, 150대/시, 164대/시)과 평균승하차시간(15초, 20초)에 따른 적정정차면과 신호교차로와의 이격거리를 산정하여 제시하였다. 마지막으로 반복알고리즘을 사용하지 않을 경우 적정이격거리를 과대 산정할 수 있음을 보였다.

본 연구에서 제시한 교통량 수준에 따른 적정 이격거리 산정결과를 통하여 향후 신설 또는 보수되는 근측정류장에 적정 이격거리를 산출하는데 활용될 수 있을 것이라 기대된다. 첨두시 교통류율 정보는 버스운행관리시스템(Bus management system) 등을 통하여 현재 운영되고 있는 근측정류장의 첨두시 교통류율을 쉽게 알 수 있다. 하지만 중앙버스전용차로의 정류장 유형 및 평균 이격거리는 별도로 조사 및 발표가 되고 있지 않는 실정이므로, 중앙버스전용차로의 정류장 유형구분과 근측정류장의 평균 이격거리 조사가 선행되어야 할 것이다. 관련 자료가 조사가 완료되면 본 연구에서 제시한 알고리즘을 이용하여 근측정류장의 신호효율 문제를 진단하고 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

이용자 입장에서 편리한 근측정류장을 지속적으로 운영하고 확대시키기 위해서는 적절한 이격거리 산정에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 이격거리에 따른 승하차시간

과 신호대기시간을 합한 시간인 t_{DW} 를 미시시물레이션을 이용하여 분석하였기 때문에, 관측값에 의한 연구를 통해 더 정밀한 값을 산출할 수 있을 것이다. 또한 버스전용차로의 다양한 기하구조, 버스노선유형(좌회전 허용 및 비율), 신호연동전략 등이 큰 영향을 줄 수 있으므로 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] Seoul Open Data Plaza,
<http://data.seoul.go.kr/openinf/>, 2016.10.02.
- [2] Seoul Solution,
<https://seoulsolution.kr/ko/content/중앙버스전용차로>, 2016.10.02.
- [3] Ministry of Construction and Transportation (2006), *Bus Rapid Transit Design Guidelines*, pp.86-100.
- [4] Ha T., Park J. and Lim H.(2002), "Determination of the Required Minimum Spacing between Signalized Intersections and Bus-Bays," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 20, pp.73-82.
- [5] Yang J., Kim E. and Choi E.(2014), "A study on Installation of Near-side Bus Stops for Efficient Operation of Left Turn at Signal Intersections in Urban Commercial Areas," *Journal of Transport Research*, vol 21, pp.27-39.
- [6] Fitzpatrick K., Hall K., Perkinson D., Nowlin L. and Koppa R.(1996), *Guidelines for the location and design of bus stops*.
- [7] Kwak J.(2009), "A Development of Model to calculate the number of berths considering bus platoon," *University of Seoul Master's Thesis*.
- [8] Seoul Metropolitan Government(2008), *Monitoring of Songpa-daero Exclusive Median Bus Lanes*.
- [9] Cho H. and Lee J.(2013), "Estimation of Bus Saturation Flow Rates at Signalized Intersections Including Exclusive Median Bus Lanes," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 31, pp.65-73.
- [10] Lim J., Hong J., Chang I. and Park J.(2012), "Analysis of Bus Accident Influential Factors on Bus Exclusive Lane in Seoul(Bus Median Lane and Bus Curb Lane Defined)," *International Journal of Highway Engineering*, vol. 14, pp.145-155.

저자소개



최 윤 영(Choi, Yoon-Young)
2015년 : 서울대학교 건설환경공학부 박사과정 수료
2013년 : 서울대학교 건설환경공학부 석사과정 졸업
2011년~현재 : 서울대학교 건설환경공학부 연구원
e-mail : cy2young@snu.ac.kr



강 원 모(Kang, Wonmo)
2013년 : 공주대학교 건설환경공학부 석사과정 졸업
2016년~현재 : 인천발전연구원 연구원
2015년~2016년 : 한국교통연구원 연구원
e-mail : wmkang@idi.re.kr



하 동 익(Dongik Ha)
1992년 : Polytechnic Institute of New York University, Ph.D. (Transportation Engineering)
2011년~현재 : 서울대학교 건설환경종합연구소 연구교수
2001년~2011년 : (주)제온시스템, (주)인트라스 대표이사
1995년~2001년 : 도로교통공단 교통과학연구원 교통운영연구실 실장
1992년~1995년 : 한국교통연구원 교통안전기술연구실 실장
e-mail : dihha@naver.com



고 승 영(Seung-Young Kho)
1989년 University of California at Berkeley, Ph.D. (Transportation Engineering)
2003년~현재 : 서울대학교 건설환경공학부 교수
1991년~2003년 : 명지대학교 교통공학과 교수
1989년~1991년 : 한국교통연구원 교통계획연구실 실장
e-mail : sykho@snu.ac.kr