

# 중앙버스전용차로의 용량산정에 관한 연구

A study on decision of the capacity of median bus lanes

이진우

(서울대학교환경대학원 석사과정)

임강원

(서울대학교 환경대학원 교수)

이영인

(서울대학교 환경대학원 교수)

Key Words : (중앙버스전용차로, 용량, 일반식)

## 목 차

I. 서론

II. 기존문헌 고찰

III. 자료의 수집

IV. 중앙버스전용차로의 용량산정

V. 결론 및 향후과제

참고문헌

## I 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

중앙버스전용차로제가 확대 실시됨에 따라 중앙버스전용차로의 용량산정에 대한 필요가 생겨나게 되었다. 그러나 현재 시행초기인 중앙버스전용차로의 용량산정에 대한 정량적인 값을 도출하기위한 일반식이 명확히 정의 되어있지 않은 상태이다. 따라서 이를 기존의 가로변 버스전용차로의 용량산정법을 근거로 합리적인 중앙버스전용차로의 용량산정에 관한 모형을 정립할 필요성이 있다.

중앙버스전용차로 용량의 과소평가는 도로의 이용효율을 감소시킬 것이며, 용량의 과대평가는 차량의 지체로 인한 정시성 미확보, 속도감소 등의 문제를 야기시켜 중앙버스전용차로 설치의 취지에 어긋나는 결과를 초래할 것이다. 따라서 정확한 중앙버스전용차로가 수용할 수 있는 버스의 용량을 정확히 산정함으로써 서울시의 중앙버스전용차로를 이용할 수 있도록 하는 서울시 버스의 한계, 그리고 서울시외(경기지역)의 지역에서 진입한 버스의 중앙버스전용차로 이용을 위한 한계, 비교적 장거리를 운행하는 시외버스의 경우 서비스측면에서 버스의 입석승객의 최소화를 위한 버스운행회수 등을 정하는 교통계획에 도움을 줄 수 있을 것이다. 이러한 이유로 본 논문은 정확한 중앙버스전용차로의 용량산정을 그 목적으로 한다.

### 2. 연구의 범위

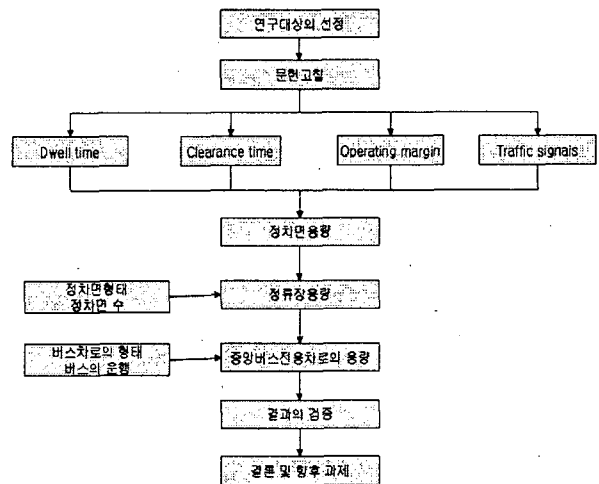
본 연구는 중앙버스전용차로의 용량을 산정하는바 시간적으로 교통량이 최대인 첨두시간중 오후 첨두시간을 기준으로 하였다.

도로의 기본단위는 구간인데, 구간이란 한 신호교차로에서부터 다음 신호교차로까지의 한방향의 길이를 말한다. 본 연구에서는 현재 운영되고 있는 중앙버스전용차로 축들 중에서 강남대로축(4.8km)을 선택하였으며 연구의 편의를 고려하여

강남대로 중앙버스전용차로 축에서 주로 교보타워사거리에서 강남역의 구간을 선택하였다. 또한 교보타워사거리와 강남역 교차로구간의 정차면, 정류장, 신호, 정류장의 기하구조 및 중앙버스전용차로의 기하구조를 바탕으로 하여 해당 전용차로의 용량을 산정한다.

### 3. 연구의 방법

#### 1) 연구의 흐름도



<그림 1> 연구의 흐름도

## II. 기존문헌 고찰

### 1. 용량산정식의 비교

1) Transit capacity and quality of service manual에 의한 버스 전용차로의 용량산정1)

1) TCRP Report 100 Transit capacity and quality of service manual 2nd Edition, 2003년

**(1) 정차면용량**

① Dwelling time

승객의 승하차 시간과 출입문의 개폐시간을 합한 값

② Clearance time

버스가 정류장의 빈 정차면에 진입하는데 소요되는 시간과 정차면을 사용한 후에 다음 버스가 이용할 수 있도록 비워주는 데 소요되는 시간의 합이다.

③ Dwell Time Variability

- $C_v$ (coefficient of variation of dwell time) : 평균 dwell time에 대한 dwell time의 표준편차
- Failure rate : 정류장 뒤에 버스의 대기행렬이 생길 확률을 의미한다.
- Operating margin : Operating margin은 기대했던 failure rate를 초과하지 않도록 dwell time과 clearance time에 더해지는 값이다.

$$t_{om} = sZ = c_v t_d Z \quad (1)$$

여기서,

$C_v$  = coefficient of variation of dwell times

$Z$  = 기대한 failure rate에 상응하는 standard normal variable

$t_d$  = 평균 dwell time(s)

$t_{om}$  = operating margin(s)

④ Traffic signal timing

정차면의 용량은 신호현시에 의해서 영향을 받는다.

$$B_l = \frac{3600(g/C)}{t_c + t_d(g/C) + t_{om}} = \frac{3600(g/C)}{t_c + t_d(g/C) + Zc_v t_d} \quad (2)$$

여기서,

$B_l$  = 정차면 용량 (bus/h)

3600 = 시간을 초로 환산

$g/C$  = green time ratio

$t_c$  = clearance time (s)

**(2) 정류장 용량산정**

① 버스정류장의 효율

버스정류장에서 4개의 선형정차면의 경우 효율은 다음과 같다.

<표 2> 복수의 선형정차면의 효율

도착패턴	On-line 정차면		Off-line 정차면	
	효율%	유효정차면수	효율 %	유효정차면수
정차면수				
4	25	2.90	65	3.25

② 용량의 계산

$$B_s = N_d B_l = N_d \frac{3600(g/C)}{t_c + t_d(g/C) + Zc_v t_d} \quad (3)$$

여기서,

$B_s$  = 버스정류장 용량 (bus/h)

$N_d$  = 유효정차면 수

**(3) 간선버스차로의 용량산정(Bus facility capacity)**

① Bus Capacity Factor=f(차로를 따라 설치된 정류장의 임계버스용량, 차로의 종류, Skip-stop의 이용여부, 버스가 군집을(Platoon) 이루어 진입하는지의 여부, 인접차로의 v/c 비, 정류장의 위치 및 우회전 차량의 수)

②용량 계산과정

중앙버스전용차로는 Non-skip-stop operation이고,  $f_r$ (입계점에 도달한 버스정류장의 우회전차량의 영향에 대한 용량 보정계수)은 1이다.

$$\text{Non-skip-stop operation } B = B_l N_d f_r \quad (4)$$

$B$  = 버스차로의 용량(bus/h)

**2) '강남대로 중앙버스전용차로 시행에 따른 모니터링 결과'에 의한 중앙버스전용차로의 용량산정**

중앙버스전용차로의 용량산정을 위하여 크게 교차로부 처리가능용량과 정류장부 처리가능용량으로 구분하여 산정 후 용량이 작은 값을 중앙버스전용차로의 처리 가능용량으로 적용할 것을 제안하였다.

또한 중앙버스전용차로 정류장부 용량산정시 Transit Capacity and Quality of Service Manual에서 제시한 이용효율 최대치인 4면을 적용하였다. (4면시 3.25이면 효율) 이는 해당 Manual에서 Off-line Loading areas의 4면시 유효정차면의 수를 적용한 것이다.

**III 자료의 수집**

**1. 조사내용**

강남역에서 교보빌딩 간의 정류장에서 오후 첨두시간(18:00~19:00)의 Dwell time, 소거시간, Bypass차량 수 강남대로축(신사역~양재역) 구간의 평균속도를 구하기 위하여 현장조사를 시행하였다. 구간의 길이 및 offset을 조사하기 위하여 문헌을 조사하였다.

**2. 자료의 분석**

**1) Dwell time**

자료의 분석결과 Dwell time의 평균은 33.0555(sec), 표준편차는 17.82가 도출되었다. 그러나 여기서 Bypass하는 차량의 영향을 고려해주기 위하여 전 차량의 10%가 Bypass 한다고 가정하고 조사한 표본의 수에 10%의 Dwell time을 0초로 하여 다시 분석하면 Dwell time의 평균은 29.75(sec), 표준편차는 19.625이다.

따라서  $C_v=0.659$ , 약 0.66을 얻을 수 있었다.

**2) 소거시간**

위에서 언급한 방법으로 계산한 결과 4개의 정차면이 4대의 버스로 채워져 있고 전방의 정차면에 정차한 버스가 처음

**2) 강남대로 중앙버스전용차로 시행에 따른 모니터링 결과**

으로 출발한 시간부터 정류장 뒤에 대기해있던 첫 번째의 버스가 다시 첫 번째 정차면을 채울 때의 시간은 약24초이고 이를 4로 나눈 정차면 한 개의 평균 소거시간은 약6초로 나타났다.

### 3) 구간의 평균속도

중앙버스 전용차로가 정체되지 않았을 경우 버스의 평균 속도는 주행구간길이 및 구배에 따라 달라진다. 그러나 여기서는 길이의 영향만을 고려하였으며 이렇게 하여 도출한 길이에 따른 속도를 다항식을 사용한 회귀분석으로 나타내어 다음과 같은 식을 도출해 내었다.

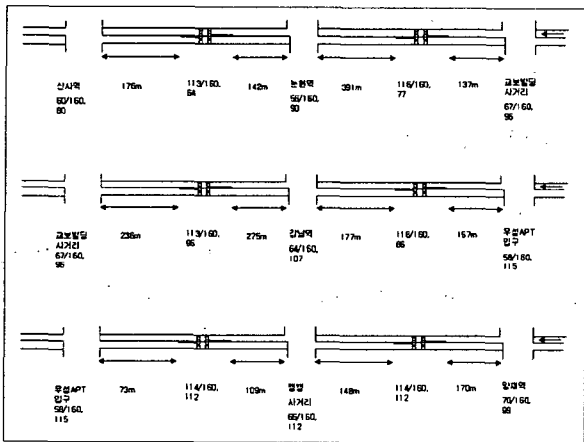
$$v_{ave} = -2.892 \times 10^{-5} \times l^2 + 3.181 \times 10^{-2} \times l + 5.372 \quad (5)$$

여기서,  $l$ : 주행거리, 진입부교차로에서 정류장까지 구간 길이

### 4) Bypass

강남역에서 교보빌딩 간의 정류장에서 오후첨두시간(18:00~19:00)의 Bypass하는 차량은 현 교통량의 약17%이나 실제 추월차로의 영향으로 인하여 Bypass하는 버스로 간주할 수 있는 것은 약10%였다.

### 5) 구간의 길이 및 offset



<그림 2> 연구대상구간의 길이 및 offset

구간의 길이 및 각 신호의 g/C비, 연동시간은 위의 그림과 같다.

## IV. 중앙버스전용차로의 용량산정

'강남대로 중앙버스전용차로 시행에 따른 모니터링 결과' 보고서에 중앙버스 전용차로의 용량산정을 위하여 크게 교차로부의 처리가능용량과 정류장부의 처리가능용량으로 구분하여 산정 후 용량이 작은 값을 중앙버스 전용차로의 처리가능용량으로 적용할 것을 제안하였다.

그러나 실제로 정류장부의 처리가능용량은 교차로의 신호 시간 및 대기행렬, 그리고 정류장으로 가기위한 횡단보도 및 보행자를 위해 설치된 신호등의 현시 및 Offset등에 의하여

영향을 받는다. 또한 교차로부의 처리가능용량은 정류장부의 용량 및 정류장에 설치된 신호현시 등에 의하여 영향을 받는다. 따라서 중앙버스전용차로의 용량은 정류장부와 교차로부를 따로 구분하여 산정하는 것 보다 두 개의 교차로와 그사이에 존재하는 정류장(Bus facility)을 최소단위로 하여 산정하는 것이 타당할 것이며 이를 기반으로 중앙버스전용차로가 설치된 구간전체로 확대하는 것이 바람직할 것이다.

### 1. 용량의 정의

본 논문에서 말하는 중앙버스전용차로의 용량이라 함은 중앙버스전용차로에서 신호 및 정류장에서의 점유시간 등의 이유로 발생하는 정류장 혹은 교차로의 대기행렬이 정류장 뒤의 교차로를 침범하지 않거나 교차로 정지선 뒤의 대기행렬이 정류장을 침범하지 않는 상황 하에서 1시간동안 정류장을 통과하는 최대통과교통량을 용량이라 정의한다.

### 2. 정차면 용량산정

#### 1) 정차면용량 결정인자

버스 정차면 또는 정류장의 용량의 분석을 위해서는 용량에 영향을 주는 요인에 대한 분석이 필요한데 이러한 요소들중 가장 중요한 요인은 버스의 정차면 점유시간이고, 용량은 점유시간에 반비례한다. 버스 정차면 또는 정류장에서 버스의 점유시간은 정차면에 진입하기 위한 차량의 감속 및 진입시간, 출입문 개폐시간, 승객 승하차 시간, 그리고 본 도로로 진입시간 등으로 구성된다.

#### (1) Dwelling time

본 연구에서 Dwelling time은 현장조사에 의하여 산출하였고 오후 첨두시간(18:30~19:30)의 평균 Dwelling time은 33초로 산출되었다.

#### (2) Clearance time

버스가 정류장의 빈 정차면에 진입하는데 소요되는 시간과 정차면을 사용한 후에 다음 버스가 이용할 수 있도록 비워주는데 소요되는 시간의 합으로서 버스가 정차면에 진출입하는데 필요한 가,감속 시간과 정류장의 형태(On-line, Off-line)가 큰 비중을 차지한다.

On-line의 경우 정류장에서의 버스는 교통류의 흐름을 방해하는 반면 Off-line의 경우 교통류 밖의 면에 정차하므로 교통류의 흐름을 방해하지 않는다.

그러나 만일 버스가 교통류 밖의 면에 정차한다면(Off-line) clearance time에 또 다른 요소가 포함된다. 즉, 진행하고 있는 교통류사이에서 재진입하기위한 적절한 시간간격이 그것이다.

본 연구에서는 Clearance time을 현장조사에 의하여 측정하였고 평균소거시간은 약6초로 산출되었다.

#### (3) Dwell Time Variability

- $C_v$ (coefficient of variation of dwell time)

본 연구에서 평균Dwelling time은 33.05556초, Dwelling

time의 표준편차는 17.82로 측정되었으며 따라서  $C_p$ 는 0.539, 약 0.54로 산출되었다.

그러나 현장조사에 의하면 교통량의 약 10%정도(스쿨버스나 여행사버스)가 정류장에 정차하지 않고 통과(By pass)하므로 이를 고려하면 평균 Dwelling time은 29.75초,  $C_p$ 는 0.66으로 산출되었다.

• Failure rate

본 연구에서는 Failure rate와 Z는 버스가 이전 교차로를 출발하여 정류장을 향하는 주행거리에 따라서 달라져야 함을 주장한다. 즉 구간의 길이가 길어지면 길어질수록 정류장이 최대용량을 가지기 위해서 정류장 뒤에 대기행렬이 발생할 확률인 Failure rate가 높아질 수 있고, 구간의 길이가 짧으면 짧을수록 약간의 대기행렬만 발생해도 용량에 큰 영향을 미치므로 Failure rate는 작아져야 할 것이다.

여기서는 Netsim의 시뮬레이션 결과로 나타난 용량(교보 빌딩~강남역)을 기준하여 거리(진입부 교차로에서 정류장까지의 거리)에 따른 Z값을 다항식을 사용한 회귀곡선으로 표현하여 수식화 하였다.

$$Z = -3.4604 \times 10^{-14} \times l^5 + 1.0585 \times 10^{-10} \times l^4 - 1.2036 \times 10^{-7} \times l^3 + 6.4966 \times 10^{-5} \times l^2 - 1.7021 \times 10^{-2} \times l + 2.1502 \quad (6)$$

여기서,  $l$ : 주행거리, 진입부교차로에서 정류장까지 구간 길이

(4) Traffic signal timing

정차면의 용량은 신호현시에 의해서 영향을 받는다.

$$B_l = \frac{3600(g/C)}{t_c + t_d(g/C) + Zc_v t_d} = \frac{3600(g/C)}{t_c + t_d(g/C) + Zc_v t_d} \quad (7)$$

여기서,

$g$  = 유효녹색시간

위 식에서 분자에  $g/C$ 가 곱해지는 이유는 정류장에서 버스의 진출이 정류장 횡단보도에 설치된 신호등의 녹색시간에만 이루어질 수 있기 때문이다.

또한 분모의 Dwell time에  $\frac{g}{C}$ 가 곱해진 이유는 적색신호 시간에는 진출이 허락되지 않고 따라서 이때 발생하는 Dwell time은 용량에 영향을 미치지 않기 때문이다.

① 유효녹색시간의 결정

만일 offset이 0이라고 하자. 그러면 버스가 구간  $l$ 을 주행하는데 걸리는 시간(여기서는  $t_{ave} = f(l, v_{ave})$ )만큼 버스가 승객의 승하차시 사용하는 녹색시간은 짧아지게 된다.

또한 교차로와 정류장간의 offset이 있고 구간  $l$ 이 매우 짧다고 하면 해당 offset( $t_{off}$ )만큼 버스가 승객의 승하차시 사용하는 녹색시간은 짧아지게 된다. (단 정류장의 녹색신호가 먼저 꺼질 때)

그러나 위와 같은 논의는 정류장 뒤에 대기행렬이 발생하지 않을 경우에 타당하며 진입부 교차로를 통하여 들어온 버스가 정류장의 신호주기 동안 정류장을 빠져나가지 못하고

대기하고 있는 버스들의 경우 offset과 구간을 주행하는 주행시간의 영향을 받지 않으므로 위의 논의를 적용할 수가 없다.

따라서 대기행렬을 이를 확률이 Failure rate임을 감안하면 버스가 offset 및 주행시간의 영향을 받지 않을 확률역시 Failure rate임을 알 수 있다.

이를 정리하면 위와 같은 유효녹색시간을 산출할 수 있다. 그러므로 버스가 주행시간 및 offset의 영향을 받을 확률은 (1-Failure rate)임을 알 수 있다.

$$g' = g - (t_{off} + t_{ave})(1 - FR) \quad (8)$$

여기서,

$t_{off}$ : 진입부교차로와 정류장신호간의 offset

$t_{ave}$ : 진입부교차로에서 정류장까지의 주행시간

FR: Failure rate (버스정류장 뒤에 대기행렬이 발생할 확률)

2) 정차면의 용량

$$B_l' = \frac{3600(g'/C)}{t_c + t_d(g'/C) + Zc_v t_d} \quad (9)$$

$$g' = g - (t_{off} + t_{ave})(1 - FR)$$

여기서,

$v_{ave}$ : 버스의 평균속도

$t_{ave}$ : 구간길이를 주행하는데 걸리는 평균시간

$B_l'$ :  $l, v_{ave}, t_{off}$ 를 고려한 정차면 용량

3. 정류장 용량산정

1) 정류장용량 결정인자

정류장용량을 결정하기 위해서는 유효정차면의 수를 결정해야한다. 유효정차면 수에 영향을 미치는 것은 정차면수, 정류장의 위치 및 형태, 그리고 버스의 정류장 도착 패턴이다. 본 연구의 중앙버스전용차로구간에서의 정류장의 위치는 Near-side 와 Mid-side를 함께 고려해야하고 정류장의 형태는 off-line, linear이다.(그러나 추월차로의 폭이 좁은 것을 감안하면 on-line으로 보는 것이 안전측이다) 또한 연구의 편의와 침두시간의 특성을 고려하여 버스의 정류장 도착패턴은 Platoon으로 하였다.

위와 같은 상황을 고려할 때 Transit capacity and quality of service manual에 따르면 4개의 정차면을 가진 정류장을 off-line으로 본다면  $N_d$ 은 3.25개, on-line으로 본다면  $N_d$ 은 2.9개로 나타낼 수 있다.

2) 정류장용량산정

$$B_s = N_d B_l' = N_d \frac{3600(g'/C)}{t_c + t_d(g'/C) + Zc_v t_d} \quad (10)$$

4. 중앙버스전용차로의 용량산정

본 연구에서 중앙버스전용차로는 차로의 기하구조상 우회전차량의 영향을 받지 않으므로  $f_r$  (임계점에 도달한 버스정

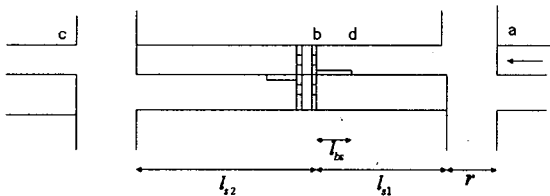
류장의 우회전차량의 영향에 대한 용량보정계수)은 1이다. 따라서 중앙버스 전용차로의 용량은 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$B' = B_i N_a \quad (11)$$

### 5. 결과의 검증

본 연구에서 개발한 중앙버스 전용차로의 용량산정식을 바탕으로 하여 강남대로측의 구간의 길이, g/C, off-set, 평균속도 등을 고려하여 용량을 산정하고 이를 Netsim을 통하여 산출된 용량과 비교하여 중앙버스 전용차로의 용량산정식에 대한 적용 가능성을 검증한다.

#### 1) 강남역, 교보빌딩구간의 중앙버스전용차로 용량산정(도심방향)



<그림 3> 강남역, 교보빌딩구간의 중앙버스전용차로

여기서,

a : 강남역사거리, c : 교보빌딩사거리, b : 횡단보도  
bd : 정류장

$l_b$  : 60m (4\*15m),  $l_d$  : 275m,  $l_a$  : 386m

$$\left(\frac{g}{C}\right)_a = \frac{64}{160}, \text{ a점 연동값 : 107}$$

$$\left(\frac{g}{C}\right)_b = \frac{113}{160}, \text{ b점 연동값 : 96}$$

$v_{ae}$  : 42.97km/h

#### (1) 정차면 용량

공식(9)에 의하면

$$\therefore B_i = \frac{3600(g/C)}{t_c + t_d(g/C) + Zc} = 81.459 \text{ (대/시)}$$

즉, 본 연구에서 개발된 식에 의한 정차면용량은 81.459 (대/h)이다.

#### (2) 정류장 용량

정류장용량산정식 (20)에서  $N_a$ 은 해당구간의 정류장이 off-line 임을 주목하고 Off-line loading area에서 4면의 유효 정차면수인 3.25를 선택하였다.

$$B_s = 3.25 \times 81.459 = 264.74 \text{ (대/시)}$$

#### (3) 중앙버스전용차로의용량

$f_r$  (임계점에 도달한 버스정류장의 우회전차량의 영향에 대한 용량보정계수)은 1이므로 강남역, 교보빌딩 사거리를 구간으로 하는 중앙버스전용차로의 용량은 264대이다.

이 값은 현재 강남역, 교보빌딩 사거리중앙버스전용차로의 오후 첨두시간(18:00~19:00)의 버스교통량이 약 180~190대/h

임을 볼 때 과소평가되지 않았음을 알 수 있다.

#### 1) (4) Netsim 시뮬레이션 결과와의 비교

다음 표는 강남역에서 교보빌딩간의 용량을 해당구간의 제원을 사용하여구한 구간의 길이별 용량을 나타낸다.

단, offset=11초, g/C=113/160, Dwell time=29.75초, 소거시간=6초,  $c_v=0.66$ 이다.

<표 3> 강남, 교보구간의 용량

l	$v_{ae}$	$t_{ae}$	FR	g	Z	$B_i$	$B_s$	$B_N$
275	11.94	23.04	32.89	90.16	0.43	81.5	264.7	264.7

구간의 길이와 offset에 따른 용량의 변화를 본 연구에서 산정한 식에 의한 정류장 용량과 Netsim에 의한 시뮬레이션 결과 얻어낸 구간의 용량( $B_N$ )을 회귀식으로 나타내서 구한 용량(회귀용량)은 위의 표와 같다.

#### 2) 안전율의 계산

본 연구에서 개발한 공식을 사용한 용량과 Netsim 을 이용한 용량의 차이는 우성아파트, 강남역구간의 중앙버스전용차로(도심방향)의 경우가 가장 컸다. 본 연구에서 개발한 공식을 사용한 용량과 Netsim 을 이용한 용량의 차이값과 공식을 사용하여 얻은 용량의 비의 최대값은 8.31%이다. 따라서 안전율을 0.9로 하여 공식을 사용하여 얻은 용량값을 보정할 필요가 있다.

#### 3) $N_a$ 의 적합성평가

강남역, 교보빌딩사거리 구간의 정류장에서의 현장조사결과 후방에 정차한 버스가 비록 전방 버스의 Dwell time보다 짧더라도 정류장 추월차로 폭이 좁은 문제로 인하여 전방의 버스를 추월할 수 없는 경우가 많았다. 위와 같은 경우를 현장에서 조사한 결과 정류장에서 후방에 정차한 버스가 전방 버스의 Dwell time보다 짧지만 전방의 버스를 추월한 버스는 전술한 상황에 있었던 전체 버스의 약 1/3정도였다. 따라서 적용했던  $N_a$ 값(off-line의 경우 3.25)을 조정할 필요가 있다. on-line의 경우 2.9이었던 점을 감안하여 두 값의 차이를 1/3하여 on-line의 경우에 더해주면  $N_a$ 은 약 3.02를 얻을 수 있다.

#### 4) 안전율 및 보정된 $N_a$ 을 이용한 구간별 용량( $B_c$ )

<표 4> 특정 구간별 용량

강남역→교보빌딩사거리								
l	$t_{off}$	FR	g	g'	Z	$B_i$	$B_s$	$B_c$
275	11	32.89	113	90.2	0.43	81.5	246	221.4
우성APT→맹방사거리								
l	$t_{off}$	FR	g	g'	Z	$B_i$	$B_s$	$B_c$
73	3	11.58	114	g'	1.21	52.5	158.5	142.7
우성APT→강남역								
l	$t_{off}$	FR	g	g'	Z	$B_i$	$B_s$	$B_c$
157	29	24.88	118	84	0.674	76.2	230	207
논현역→교보빌딩사거리								
l	$t_{off}$	FR	g	g'	Z	$B_i$	$B_s$	$B_c$
391	13	34.33	116	88.3	0.39	86.8	262.1	235.9

위의 결과는 강남역에서 교보빌딩사거리내 정류장의 Dwell time과 Dwell time 특성을 다른 구간에 적용시킨 것으로 다른 구간의 용량은 해당 정류장의 Dwell time과 그 특성에 따라 위에서 구한 결과와 달라질 수 있다.

## V. 결론 및 향후과제

### 1. 결론

1) 위의 연구에서 보인바와 같이 중앙버스 전용차로의 용량은 정류장만을 독립적으로 생각하여 구한 기존의 용량과 달리 여기에 offset과 진입부교차로에서 정류장까지 구간의 길이, 평균속도의 영향을 고려하여야 한다.

2)  $N_d=3.02$ ,  $Z=0.43$ , Failure rate=32.89% 안전율(Safety factor) SF=0.9인 경우 강남역에서 교보빌딩사거리간의 중앙버스전용차로의 용량은 약 221veh/h 이며 위의 공식을 각 정류장을 포함한 구간에 적용 시 해당 정류장의 Dwell time 및 Dwell time 특성(분포)을 알아야 한다. 구간의 길이가 짧음에도 불구하고 우성APT에서 뱅뱅사거리간의 구간(73m)에서 정체가 발생하지 않는 이유는 승객의 버스 수요가 적기 때문에 발생하는 평균 Dwell time의 감소와 분포의 분산이 작기 때문이다.

3) 유입부 교차로에서 정류장까지의 거리가 짧을수록 정류장 뒤에 대기행렬이 존재해서는 안 된다. 때문에 낮은 Failure rate가 요구되고 이로 인하여 offset 시간과 버스의 평균 주행시간은 중앙버스전용차로의 용량에 큰 영향을 미친다. 반면 유입부 교차로에서 정류장까지의 거리가 길면 길수록 구간은 긴 대기행렬을 수용가능하고 이에 따라 가능한 최대 Failure rate는 점점 커지게 된다. 따라서 offset 시간과 버스의 평균 주행시간은 중앙버스전용차로의 용량에 큰 영향을 미치지 못한다.

### 2. 문제점 및 향후과제

1) 실제로 승객의 수요에 따라 구간별 Dwell time 및 그 특성이 다르다. 따라서 각 구간별 길이와 Dwell time, Cv를 고려하여 구한 용량의 최소값을 해당 중앙버스전용차로의 용량으로 결정해야 한다.

2) 주행길이, 구간에 따른  $Z$ 값의 결정을 강남역, 교보빌딩간의 정류장을 기준으로 하여 결정하여 다른 구간에 적용하였는데 이를 보다 보편적인 경우에 사용할 수 있도록 보정할 필요가 있다.

3) Bypass 차량을 중앙버스전용차로를 이용하는 버스의 수가 늘어남에 따라 일정한 %로 함께 늘어난다고 가정하였다.

4) 거리에 따라 주어진 Failure rate에 따른 Netsim의 Dwell time 분포를 변화시키지 않았다. 즉, Netsim시뮬레이션의 경우 Dwell time 분포를 분산이 가장 큰 Type2를 사용하였다.

## 참고문헌

1. 도철웅, 교통공학원론
2. 박창수, 권용석, 도시교통공학론, 2002
3. 건설교통부, 도로용량편람, 2004
4. 김경환, 오윤표, 김석주, Estimating the capacity of a bus berth (버스 정류장의 용량산정), 제3차 한-중 국제학술회의 발제논문 1996. 6
5. 서울특별시, "중앙버스전용차로 설치계획(안)", 2003
6. 건설교통부, 도로의 구조, 시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 2000
7. 울림건설 주식회사, 강남대로 중앙버스전용차로 시행에 따른 모니터링 결과, 2004
8. 경기개발연구원, 경기도 버스전용차로제 운영개선 방안, 2001. 9
9. TCRP REPORT100, Transit Capacity and Quality of Service Manual, 2003
10. Highway capacity manual, 2000