



도심부 버스전용차로 운영전략별 효과분석



정 광 복
서울지방경찰청
교통개선기획실 교통전문직



김 진 태
서울지방경찰청
교통개선기획실 실장



김 군 조
서울지방경찰청
교통개선기획실 연구기획팀장

I 서론

전국의 자동차 등록대수는 1990년 339만대에서 2005년 1,500만대로 약 5배 가까이 증가한 반면 도로연장은 약 2배 증가하는 수준이었다. 이렇듯 기하급수적으로 증가하는 교통수요를 시설공급이 충족되지 못하여 교통수요·공급의 불균형에 의해 교통체증이 가중되고 있으며, 막대한 사회적 비용을 발생시키고 있다. 한국교통연구원에 의하면 2004년도 전국 교통혼잡비용은 23조원으로 이는 국내총생산(GDP) 대비 2.97%에 해당한다고 보고하였다. 이러한 문제를 해결하고자 과거에는 시설공급 위주의 교통정책에서 시설공급을 병행한 수요관리정책으로 전환되어 이루어지고 있다. 도시발전은 버스중심에서 승용차중심으로 전환되었고, 이로 인해 도시가로의 교통혼잡이 가중되고 버스의 서비스 수준은 저하되었으며 늘어나는 승용차 중심의 서비스 수준 향상이라는 패러다임에 의해 교통정책이 수립되었다. 그러나 과거 승용차중심의 교통정책하에서는 승용차가 지속적으로 증가하게 될 것이며 그에 반해서 도로용량을 증가시키지 않는한 도시가로의 교통혼잡은 날로 심화되어 질 것이다. 따라서 도로의 교통혼잡을 가능한 완화하고 주어진 도로여건하에서 적합한 교통량을 유지하고 수송인원을 극대화한다는 입장에서 버스우선 정책도입의 필요성이 대두되고 있다. 이에 지자체에서는 버스수요 증가를 위해 버스전용차로, BMS(Bus Management System)/BIS(Bus Information



(가) 남산3호터널



(나) BMS사령실

[그림 1] 서울시 교통현황

System) 구축 등 버스우선 정책을 적극 도입하고 있다.

본 연구에서는 서울시의 버스체계개편사업에 따른 도심부에서의 버스전용차로 미시행시, 가로변버스전용차로, 중앙버스전용차로 시행에 따른 각각의 운영전략에 대하여 고찰하고, 버스전용차로 운영전략에 따른 효과를 교통시뮬레이션 분석을 통해 평가하고 그 평가결과에 따라 승객의 편의(통행시간감소, 유류비 절감)를 최대화할 수 있는 정책대안을 모색하고자 한다.

II 버스전용차로에 대한 일반적 현황

2.1 버스전용차로 설치기준

한정된 도시공간 속에서 지속적으로 늘어나는 차량수요로 인해 교통정체가 증가하며, 따라서 대중교통의 통행속도 및 정시성은 저하되고 있다. 버스서비스 수준의 저하는 버스이용자를 감소시키며, 이로 인해 도로의 수송효율은 떨어지

는 악순환이 반복되고 있다. 이러한 문제를 해결하고자 개선대책으로 버스운행로정비, 차량개선, 버스노선망개선, 버스운행방법의 개선, 운임 및 보조정책 제안 등을 통해 버스서비스를 향상시키고자 한다. 특히 지자체에서는 버스전용차선 등과 같은 버스운행로 개선정책을 통해 버스의 정시성 및 통행속도를 향상시켜 대중교통 우선정책을 수행하고 있다.

버스전용차로 설치조건으로는 시행하고자 하는 도로 또는 특정구간의 교통정체가 심하고, 버스통행량이 일정수준 이상이며, 승차인원이 한명인 승용차의 비율이 높고, 도로의 기하구조 여건이 전용차로를 수용할 만한 수준이어야 하며, 시민들이 이 제도를 지지해야 하는 등이 있다. 그 중에서 일반적으로 가장 먼저 고려대상으로 삼는 것이 버스교통량이지만 이는 실무자가 적용하기에는 편리하나 지역적인 상황과 교통여건을 고려하지 못한 단점이 있어 실제 적용시 매우 탄력적으로 운영되고 있다. 건설교통부에서 제시한 버스교통량에 의한 국내설치기준은 <표 1>과 같다.

〈표 1〉 버스전용차로의 설치기준

구 분	버스통행량 (승객수)	비 고
2차로	50대/시 이상 (1,500명/시 이상)	- 가로변 버스전용차로 고려
3차로	3차로60대/시 이상 (1,800명/시 이상)	- 가로변 버스전용차로 고려
	100대/시 이상 (3,000명/시 이상)	- 가로변 버스전용차로 고려 - 역류 버스전용차로 제공 가능
	150대/시 이상 (4,500명/시 이상)	- 중앙차로 제공 가능 - 정류장 추월차로 제공 가능
4차로	100대/시 이상 (3,000명/시 이상)	- 가로변 버스전용차로 - 정류장 추월차로 제공 가능
	150대/시 이상 (4,500명/시 이상)	- 중앙차로 설치 가능 - 정류장에서 추월차로 제공

자료 : 한국교통연구원, 서울특별시 버스전용차로 운영방안 연구, 1991

2.2 버스전용차로 운영전략

버스전용차로는 차선상의 위치와 차량통행의 방향에 따라 가로변 버스전용차로, 역류 버스전용차로, 중앙버스전용차로로 구분된다. 가로변 버스전용차로(Curb Bus Lane)는 일방 혹은 양방통행

로에서 가로변쪽 차로를 버스에 제공해주는 방식으로 세계적으로 가장 널리 시행되고 있으며, 현재 국내에도 대부분 가로변 버스전용차로로 도입 운영되고 있다. 역류 버스전용차로(Contra-Flow Curb Bus Lane)는 일반교통류와 반대 방향에 버스차로를 제공하는 방안으로 주로 일방통행로에



(가) 가로변버스전용차로



(나) 중앙버스전용차로

[그림 2] 버스전용차로 설치 유형

적용되는데 그것은 일방통행로상에 양방향 버스 서비스를 유지시켜주기 위함이다. 중앙 버스전용차로(Median Bus Lane)는 편도4차로 이상이 되어 전용차로를 제외하고 양측에 일반차량의 통행을 위한 충분한 차로를 확보할 수 있는 경우 기존도로의 중앙차로를 버스전용차로로 제공하고 타차량의 진입을 막기 위해 울타리나 가드레일 등을 설치·운영하는 기법이다. 이러한 버스전용차로 운영전략은 크게 세가지로 구분되며 각각의 유형 및 특성은 <표 2>와 같다.

2.3 버스전용차로 국내·외 적용사례

현재 국내에서 시행하고 있는 버스전용차로의 대부분은 가로변 버스전용차로로 운영되고 있으

며, 서울시에서는 버스중심의 대중교통체계개편에 따라서 가로변 버스전용차로와 병행하여 중앙 버스전용차로를 확대·설치하고 있다. 인천시와 경기도도 중앙 버스전용차로제 설치를 검토하고 있는 단계이며 점차 전국적으로 확대되고 있는 추세이다. 이처럼 각 지자체에서 중앙 버스전용차로 설치를 검토하는 이유는 가로변 버스전용차로제 시행시 불법주·정차 및 이면도로 유·출입차량과의 상충으로 버스서비스가 저하되어 시행 효과가 미비하여 대중교통수요가 급감하고 교통 혼잡이 점차 심각해짐으로 이를 극복하기 위해 적극적인 버스정책을 검토·도입하는 것이다.

서울시의 경우 2004년 7월부터 중앙버스전용차로 3개 노선 운영을 시작으로 현재 14개구간

<표 2> 버스전용차로 유형 및 특성

구 분	방 식	장 점	단 점
가로변 버스전용차로	일방 혹은 양방통행로에서 가로변쪽 차로를 버스에게 제공하는 방식	<ul style="list-style-type: none"> · 시행이 간편 · 적은 비용으로 운영 가능 · 기존 가로망체계에 미치는 영향의 극소화 · 원상복구가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> · 시행효과가 미비 · 가로변 사업활동과의 상충 · 위반차량이 많이 발생 · 교차로에서 우회전차량과의 마찰
역류 버스전용차로	일반 교통류와 반대 방향으로 1~2차로를 버스에게 제공하는 방식	<ul style="list-style-type: none"> · 일반차량과의 분리가 확실 · 내부 마찰의 감소 · 버스서비스를 유지시키면서 일방통행제의 장점 첨가 	<ul style="list-style-type: none"> · 보행자 감소의 증가 가능성 · 잘못 진입한 차량으로 인한 혼잡야기 · 시행 준비가 까다롭고 비용이 많이 투자됨
중앙 버스전용차로	중앙차로에 버스전용차로를 제공하고 타차량의 진입을 막기 위해 울타리나 가드레일등을 설치하여 운영하는 방식	<ul style="list-style-type: none"> · 효과가 확실 · 일반차량의 가로변 접근성 유지 · 일반차량과의 마찰방지 · 버스이용자의 증가기대 · 버스운행속도와 정시성 향상 	<ul style="list-style-type: none"> · 도로중앙에 설치된 정류장으로 인한 승객의 안전문제 발생 · 투자비용 과다 · 일반차로의 용량 감소

자료 : 한국교통연구원, 서울특별시 버스전용차로 운영방안 연구, 1991

56.4km 구간에서 운영 중에 있으며 확대 설치할 계획이다.

서울시는 중앙버스전용차로 설치 결과 버스의 정확한 운행, 높은 수송효율, 상습정체구간 해소 등 여러 가지 측면에서 상당히 개선된 효과가 도출된 것으로 보고하고 있다. 서울시 분석결과 버스 통행속도는 8%~20%가량 증가하였고, 버스이용객도 7.3% 증가하는 것으로 나타났다. 대만 타이페이의 중앙버스전용차로 설치 결과에서도

버스속도는 기존 약10km/h에서 15~16km로 향상되었으며, 승용차 속도도 향상되는 결과를 가져왔다. 일본 나고야에서도 중앙버스전용차로 설치 후 버스속도는 12~14km에서 20km/h로, 버스이용객도 시간당 약 7,000명 증가하였으며, 정시성도 크게 향상된 것으로 보고되었다.

〈표 3〉 대도시 버스전용차로 운영현황

구 분	방 식	장 점
서울특별시	56개 구간(가로변)	150.6km
	14개 구간(중앙)	56.4km
부산광역시	12개 구간(가로변)	40.3km
인천광역시	10개 구간(가로변)	50.8km
대전광역시	5개 구간(가로변)	23.7km
광주광역시	7개 구간(가로변)	29.5km

자료 : 지자체별 시정홍보자료, 2006

IV 버스전용차로 운영전략별 효과분석

서울시 도심부의 종로축에 대해 3가지 대안을 비교 분석·평가하고자 한다.

- i) 버스전용차로 미시행시
- ii) 가로변버스전용차로 시행시
- iii) 중앙버스전용차로 시행시

3.1 시뮬레이션 분석

버스전용차로 운영전략별 대안을 수립, 시뮬레이션 분석을 수행하여 시행효과를 비교·분석한다. 분석구간은 서울시 중앙 버스전용차로 설치



(가) 대만 타이페이



(나) 일본 나고야

[그림 3] 중앙버스전용차로 국외 설치사례

계획 구간중 도심(CBD)에 설치되는 종로구간(세종로사거리~동대문)을 중심으로 7개 교차로를 분석하였다. 본 연구과제의 시뮬레이션 분석은 미시적 시뮬레이션 모형으로 주요 교차로 및 국지적 네트워크 상세분석이 가능하고 대중교통 운영 효과에 대한 시뮬레이션 분석이 우수한 VISSIM 프로그램을 사용하였다. 분석시간대는 오전첨두시(8시~9시)를 기준으로 하였으며, OD자료는

「2002 서울시 가구통행실태조사, 2003」자료를 보완하여 사용하였다. 대안별로 입력교통량은 일정하게 하고, 버스교통량은 2006년 기준노선에 배차시간을 고려하여 활용하였다. 승하차시간은 버스정류장별 조사자료의 평균값에 정규분포를 따른다는 가정하에 적용하였다. 도로의 횡단면 구성은 편도4차로(버스전용차로 포함), 정류장 6개소를 유지하고, 차로폭도 동일하다는 가정하에

〈표 4〉 버스전용차로 운영전략별 분석결과

대안별	방향별	통행속도(km/h)		지체시간(초/대)	
		버스	승용차	버스	승용차
버스승용차버스전용차로 미시	서→동	12.26	18.54	173.6	115.2
	동→서	11.82	17.51	201.9	96.4
	평균	12.04	18.03	187.8	105.8
가로변 버스전용차로	서→동	12.41	15.68	204.1	150.0
	동→서	12.96	13.80	189.2	142.2
	평균	12.69	14.74	196.7	146.1
중앙 버스전용차로	서→동	17.83	19.06	176.5	180.8
	동→서	20.18	14.13	121.4	144.4
	평균	19.01	16.60	149.0	162.6



[그림 4] 서울시 종로 항공사진 (분석구간)

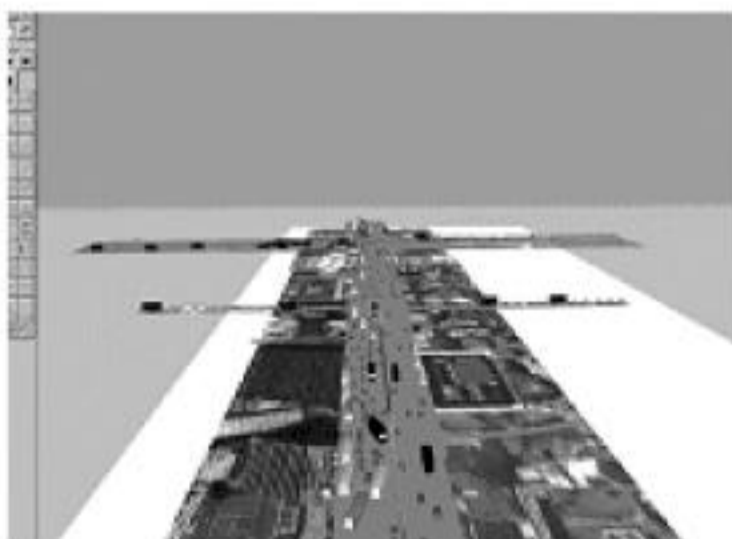
분석하였다.

대안별 도입효과를 분석하기 위한 효과척도(MOE)로 통행속도, 지체시간을 선정하였다. 시뮬레이션 분석결과를 살펴보면 버스의 평균통행속도는 버스전용차로 미시행시와 가로변 버스전용차로 설치시 12.0km/h, 12.7km/h로 가로변 버스전용차로 운영시 크게 효과가 없는 것으로 나타났다으나, 중앙 버스전용차로 운영시에는 19.0km/h로 속도향상이 큰 것으로 분석되었다. 반면 승용차의 평균통행속도는 버스전용차로 미시행시 18.0km/h로 가장 높게 나왔으며, 일반차로에 영향을 주는 가로변 버스전용차로보다 중앙 버스전용차로의 통행속도가 1.9km/h 높은 것으로 나타났다. 가로변 버스전용차로에서는 이면도로 유출입차량과 교차로에서의 우회전 차량으로 인해 버스통행에 악영향을 미치며, 일반차로의 경우에도 정류장부에서 버스차량과 일반차량간의 상충으로 통행속도가 낮은 것으로 분석되었다. 중앙 버스전용차로에서는 차종간 분리로 인해 버스통행속도뿐만 아니라 일반차량의 속도도 높은 것으로 분석되었다. 또한 중앙 버스전용차로의 용량은 정류장부에서 결정되므로 정류장 처

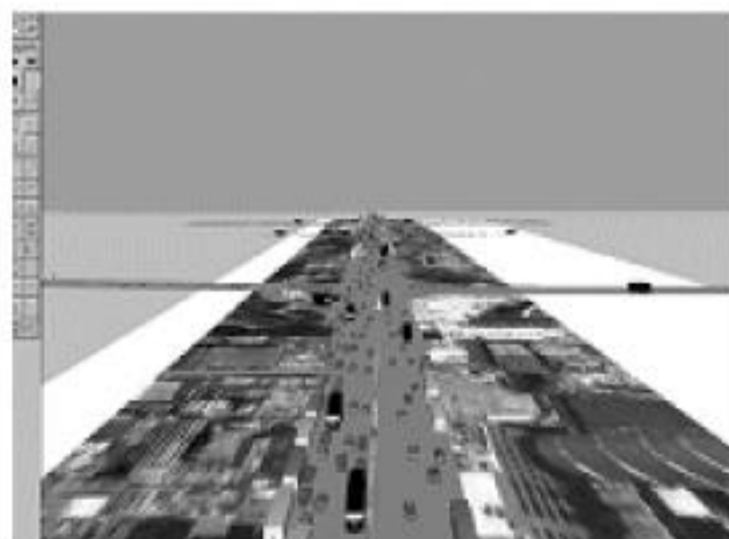
리방법에 따라 시행효과가 다르게 나타났다. 버스의 지체시간은 중앙 버스전용차로 시행시 148.95초/대로 가장 낮게 나왔으며, 가로변 버스전용차로의 경우 버스전용차로 미시행시 보다 8.9초/대($\Delta 4.7\%$), 일반차량의 지체도도 40.3초/대($\Delta 38.1\%$) 큰 것으로 분석되었다. 중앙 버스전용차로는 가로변 버스전용차로에 비해 일반차량의 지체도가 16.5초/대 큰 것으로 나왔으며, 이는 정류장부에 설치되는 횡단보도에 의한 지체시간 증가로 분석되었다.

3.2 경제성 분석

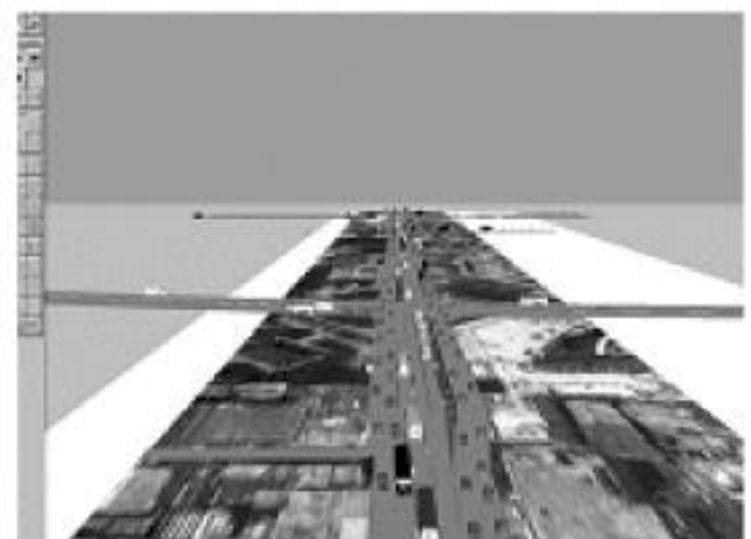
버스전용차로 운영전략별 시뮬레이션 분석결과를 이용한 경제성 분석결과 버스전용차로 미시행시를 기준으로 가로변 버스전용차로 시행시에는 통행시간비용이 연간 6,092백만원 증가하며, 유류비용도 1,147백만원 증가하여 전체 7,239백만원의 비용이 증가하는 것으로 분석되었다. 중앙 버스전용차로의 경우 통행시간비용은 11,126백만원 감소하고 유류비용도 1,184백만원 감소하여 전체적으로 12,310백만원 비용이 감소하는 것으로 나타났다. 가로변 버스전용차로의 경우 시



(가) 버스전용차로 미시행시



(나) 가로변버스전용차로



(다) 중앙버스전용차로

[그림 2] 이륜자동차 위반사례

물레이션 분석시 불법주정차 차량에 대한 영향을 반영하지 못하여 이를 반영시 비용이 더 증가되며, 주요 가로상에 유출입 이면도로가 많이 접속되어 있을 경우 가로변 버스전용차로 시행시 효과가 미비할 것으로 생각된다.

〈표 5〉 버스전용차로 운영전략별 경제성 분석결과
단위 : 백만원/년

구 분	가로변 버스전용차로	중앙 버스전용차로
통행시간감소	▽6,092	11,126
유류비 절감	▽1,147	1,184
합 계	▽7,239	12,310

참고1 : 교통개발연구원, 2002년 전국교통혼잡비용 산출과 추이 분석, 2003
참고2 : 버스전용차로 미시행시 기준

· 차량속도별 연료소모량 산출회귀식(유류비용 산출)

$$G_A(S) = (4.0031 + 0.41167S - 0.002741S^2)^{-1}$$

$$G_B(S) = -0.000062 + \frac{7.539}{S} + 0.0000123S^2$$

$$G_T(S) = -0.000912 + \frac{7.4865}{S} + 0.00001602S^2$$

여기서, $G_A(S)$, $G_B(S)$, $G_T(S)$: 승용차, 버스 트럭의 연료소모량, S 는 차량운행속도

IV 결론

대도시의 교통혼잡은 교통수요와 시설공급의 불균형으로 인해 계속 발생되고 있는 것이 현실이다. 또한 지속적인 경제성장으로 통행자 생활의 질이 높아지면서 더욱 교통수단의 고급화, 신

속화, 안전화 등을 요구하고 있다. 이에 각 지자체에서는 수송효율이 뛰어난 대중교통정책으로 이를 해결하고자 노력하고 있다. 서울시에서도 버스우선정책에 따라 2004년 7월에 3개축(도봉·미아로, 수색·성산로, 강남대로)을 시작으로 중앙 버스전용차로를 확대·설치하고 있다. 그러나 버스전용차로 시행시 도로의 특성에 맞지 않는 정책수행시 역효과가 발생할 수도 있으므로 사전에 정확한 도로특성을 파악하고 분석하여 시행하는 것이 바람직하다고 본다. 본 과업의 분석구간인 종로축의 경우 위의 결과처럼 가로변 버스전용차로의 경우 버스전용차로를 시행하지 않는 경우보다 효과가 더 떨어지는 것으로 분석되었지만, 회전제약이 많아 중앙 버스전용차로 운영시에는 효과가 큰 것으로 나타났다. 버스전용차로 운영시에는 도로특성에 맞는 적절한 운영전략을 수립하고 교차로 운영전략이나 버스정류장 처리문제 등을 복합적으로 고려하여 정책을 수립·시행하여야 할 것이다. 현재 각 지자체에서 연구·시행·확대중인 중앙 버스전용차로에 대해서도 보다 세부적인 연구·분석을 통한 정책대안을 선정하고 운영전략을 수립하여 정책에 반영하고 지속적인 모니터링을 통해 보완하는 것이 정책의 실효성을 높이는 방안이라 판단된다.

참·고·문·헌

1. 교통개발연구원(1991), 서울특별시 버스전용차로 운영방안 연구
2. 교통개발연구원(2003), 2002년 전국교통혼잡비용 산출과 추이 분석
3. 건설교통부(2000), 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침
4. 서울특별시(2004), 도심교통체계개편 기본 및 실시설계