

요약

중앙버스전용차로의 적정 운영용량은 대기행렬 감안 지금보다 30% 적어야

중앙버스전용차로 적정 최대용량 산정해 노선 조정 때 반영 필요

버스의 총 운행시간은 정류장 정차시간과 정류장 간 주행시간으로 구성된다. 정류장 정차시간에서 가장 큰 비중을 차지하는 시간은 정차면 점유시간으로 정류장의 용량을 좌우하는 요인이다. 주행시간은 신호교차로 대기시간과 정류장 상류부에서 발생하는 대기행렬에 가장 큰 영향을 받는다. 본 연구에서는 중앙버스전용차로 용량 산정을 위해 버스의 정차시간과 주행시간에 영향을 미치는 요인을 파악하고 그 상관관계를 분석하였다.

BMS 자료, 교통카드 자료, 현장 조사에서 추출된 다양한 변수들을 분석한 결과, 정차시간의 영향 요인은 g/C(유효 녹색시간 비율)와 승하차 인원, 주행시간의 영향 요인은 버스대수와 승하차 인원인 것으로 분석되었다.

[표 1] 정차시간 및 주행속도 관련 상관분석 결과(08시~09시)

변수	R ² 값		상관관계	
	정차시간	주행속도		
유효녹색시간비율	0.31	0.02	약한 상관관계	거의 무시할만한 상관관계
승하차 多 인원	0.12	0.09	낮은 상관관계	낮은 상관관계
버스대수	0.002	0.08	거의 무시할만한 상관관계	낮은 상관관계
정차노선수	0.0	0.13	거의 무시할만한 상관관계	낮은 상관관계

중앙버스전용차로 혼잡구간의 운영을 개선하기 위해 유효 녹색시간, 승하차 인원, 버스대수 등의 조정이 필요하다. 유효 녹색시간은 교차도로의 좌회전 폐지 혹은 직진 녹색시간 단축 등으로 증가시킬 수 있으나 이로 인한 교차로 정체가 우려되며 이미 중앙버스전용차로가 설치된 도로에 가용한 추가 녹색시간이 모두 배정되어 있어 녹색시간의 조정 폭은 매우 제한적이다. 또한, 승하차 인원은 버스 승객수요로 결정되는 변수이기 때문에 조정할 수 없다. 버스노선변

경을 통해 버스정차 대수를 줄일 수는 있으나 버스운영계획의 변경에 따른 시민 불편이 예상된다. 버스운영계획은 버스 수요를 바탕으로 수립되는 것이 원칙이기 때문에 중앙버스전용차로의 혼잡 완화를 위해 버스승하차 인원을 조정하는 것은 비합리적인 접근방식이다. 가장 현실적인 대안은 버스의 배차 간격을 조정하여 차로상의 시간당 버스대수를 줄이는 안이다. 이를 위해 중앙버스전용차로의 적정 운영용량을 산정하여 노선 조정이나 버스운영계획 수립 시 고려하여야 한다.

버스 승객 입장에서 걱정서비스 유지 가능한 운영용량 산정해야

기존 중앙버스전용차로 용량 산정방식은 주어진 시간 동안 최대한 처리할 수 있는 버스대수를 산정하기 때문에 승객이 겪는 정체를 고려하지 못하는 한계가 있었으며 용량 근접상황에서 발생하는 급격한 용량 저하를 고려하지 못하였다. 서울시 중앙버스전용차로는 국내·외 전용차로와는 달리 용량을 초과하여 운영되는 구간이 다수 있으며 승하차 인원이 많은 특징 때문에 기존 산정방식으로는 걱정서비스 수준을 담보할 수 있는 운영용량을 산정할 수 없는 특수성이 있다.

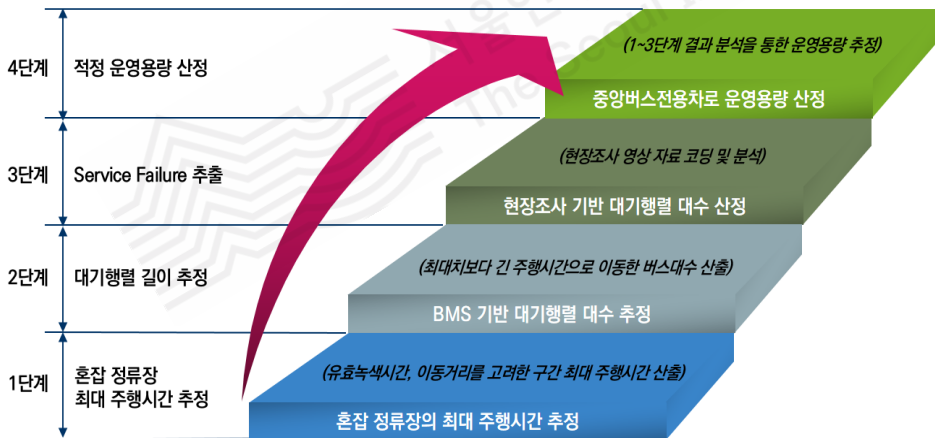
따라서 본 연구에서는 이용자 입장의 걱정 서비스 수준을 유지할 수 있는 운영용량을 산정하는 방법론을 제시하였다. 버스정류장의 진입 대기로 인한 버스 대기행렬은 중앙버스전용차로 혼잡을 발생시키고 서비스 저하를 초래하는 주원인으로 판단하여 대기행렬 길이의 영향 정도를 파악하기 위해 서비스 실패(Service Failure)라는 개념을 도입하였다. 신호 교차로에서 한 주기 내에 교차로를 통과하지 못하는 차량이 발생하면 signal failure가 발생하는 것과 동일 개념이다. 중앙버스전용차로 정류장의 버스도착분포는 상류부 교차로의 신호운영에 따라 결정된다. 상류부 교차로의 녹색시간 동안 정지선을 통과한 버스들이 균집형태로 도착하며 다음 버스군이 도착하기 전에 정류장을 통과하는 운영행태를 보인다. 정류장 혼잡으로 인해 한 신호 주기 동안 버스가 정류장을 통과하지 못하면 다음 주기까지 정류장에 머물러야 한다. 잔류하는 버스가 1대라도 있는 경우를 서비스 실패(Service Failure) 상황으로 정의하였다.

서비스 실패가 발생하면 잔류 버스들이 더 긴 대기행렬을 형성하게 되어 승객의 승차시간이 길어지고 차량의 정시성이 저하되어 전반적인 서비스 하락으로 이어지게 된다. 따라서 이용자가 감내할 수 있는 임계 서비스 수준을 서비스 실패가 발생하지 않는 수준으로 가정하여 주요 혼잡 정류장별로 한계 대기행렬을 산출하였고 이를 바탕으로 적정 운영용량을 제시하였다.

중앙버스전용차로의 상시 모니터링 포함한 운영체계 구축 시급

중앙버스전용차로 주요 정류장의 버스 운행행태를 상세 조사하여 서비스 실패가 발생하는 버스 도착 대수와 버스 대기행렬 길이를 추출하였으며 BMS 자료를 활용하여 주행속도가 느린 축별 대표 혼잡 정류장의 버스 대기행렬 길이를 추출하였다. 이를 활용하여 서울시 중앙버스전용차로 축별 대표 혼잡 정류장의 임계 주행시간 추정에서 적정 운영용량까지 4단계로 구분하여 산정을 수행하였다.

혼잡 정류장의 임계 주행시간과 정체시간에 따른 대기행렬 길이를 산정하여 버스의 주행시간에 따른 정류장 대기행렬 길이를 산정하는 방안을 개발하였다. 또한, 현장 조사에서 수집된 혼잡 정류장의 대기행렬 길이를 활용하여 대기행렬 길이별 임계속도를 산출하고, 최종적으로 적정운영용량을 제시하였다. 산정된 운영용량은 미국 대중교통 용량편람인 TCQSM(Transit Capacity and Quality of Service Manual) 방법으로 산출된 용량과 비교하였다.



[그림 1] 단계별 운영용량 산정방법

본 연구에서 산출된 정류장 용량 값은 기존 TCQSM 용량 산정방식으로 계산된 용량에 비해 적은 것으로 나타났다.

[표 2] 운영용량 산정 결과

(단위: 대, 초, km/h, 대/시)

축 명	정류장명	최대 대기행렬 길이	이동시간	임계속도	A' 산정용량	B' TCQSM 용량	A'-B'
강남대로	우성아파트	12	251.3	7.3	180	257	-77
공항로	등촌역 강서보건소	13	215.1	12.3	136	175	-39
도봉미아로	삼선교 한성대학교	12	245.2	13.3	130	196	-66
동작신반포로	고속버스 터미널	12	221.8	14.5	124	264	-140
망우왕산로	중랑교	12	193.5	14.7	123	202	-79
송파대로	석촌호수 한솔병원	14	177.6	9.5	158	224	-66
양화신촌로	신촌오거리 2호선 신촌역	13	218.7	12.6	135	218	-83
통일의주로	홍제역	13	375.2	8.5	167	232	-65

주: 최종 용량 산정 시 비노선버스대수를 고려하여 기존 산정 값의 110%로 산출함

제시된 적정 운영용량은 기존 산정방식의 용량보다 대략 30% 정도 낮게 산정되었으며 평균적으로 약 77대 정도의 차이를 보였다. 특히 혼잡이 심한 정류장일수록 그 차이가 작았다. 일반적으로 정차면 수가 많을수록 정류장 용량이 크게 산정되지만 본 연구에서 제안한 방식은 정차면 이용효율 저하로 인해 발생하는 대기행렬의 영향으로 낮은 운영용량을 산정하였다. 예로서 정차면 수가 5개인 동작신반포로의 고속버스터미널 정류장은 140대/시의 큰 차이를 보였다.

향후 지속적인 광역교통 수요의 증대에 따른 중앙버스전용차로의 이용 수요 증가는 중앙버스 정류장 정체를 악화시키고 그 범위는 더 확대될 것으로 판단된다. 이에 따라 중앙버스전용차로의 간선 기능과 적정서비스 수준 유지를 위한 상시 모니터링을 포함한 운영체계 구축이 시급한 실정이며 본 연구에서 제시된 결과는 운영방안 수립의 기초자료로 활용될 것으로 기대한다.