

준공영 시내버스 노선개편 모니터링

Monitoring on Semipublic Urban Bus Route Reform



한중학



양시훈



기권일

서론

인천시내버스는 2009년 1월1일 인천형¹⁾준공영제를 시작으로 2009년 8월 1일 수입금공동관리형²⁾ 준공영제로 운영되고 있다. 버스 준공영제가 추구하는 궁극적인 목적은 버스운영관리 주도권을 공공에서 갖고 대중교통 서비스 개선 및 버스 운영체계 관련 사업을 효율적·체계적으로 추진하는데 있다. 준공영제의 기대효과는 수익위주의 민간운영으로 발생했던 비정상적인 굴곡·중복·장거리 버스노선의 개편과 운영개선으로 정상적인 대중교통 서비스를 제공하는데 있다.

한편, 버스준공영제 시행 이후 인천광역시 교통 및 도시공간구조의 변화가 있었다. 인천국제공항철도(2010), 수인선(오이도-송도, 2012.6.), 서울지하철 7호선 인천연장(2012.10.)구간 등이 개통되었

다. 송도·청라 국제도시, 서창·검단·논현·한화택지구역 등 시가화 지역의 확장 등 토지이용여건의 변화가 있었다.

도시 및 교통여건의 변화에 따라 버스노선 신설·조정 등의 민원이 대폭 증가하게 되었다. 시내버스 관리·이용·운영 등 여러 이해관계자들의 의견을 수렴하여 반영한 노선개편³⁾이 진행되었다. 인천시내버스 준공영제가 당초 목표로 한 노선조정권이 제대로 시험대에 오르게 된 것이다.

본 연구는 인천광역시 노선개편시책이 어떻게 진행되었는지에 대해서 기술하였다. 주요내용은 노선체계문제점, 방법론, 개편안, 개편효과, 시행결과, 주요 시사점 등이 포함된다. 이 연구결과는 향후 준공영 시내버스 운영체계의 개선방안과 타 지자체의 준공영 시내버스 노선관리 정책에 참고가 될 것으로 판단된다.

한중학 : 인천발전연구원 도시기반연구부, jhhan71@idi.re.kr, Phone: 032-260-2655, Fax: 032-260-2659
 양시훈 : 인천발전연구원 도시기반연구부, did3620@idi.re.kr, Phone: 032-260-2745, Fax: 032-260-2659
 기권일 : 인천광역시 건설교통국 버스정책과장, k777@korea.kr, Phone: 032-440-5035, Fax: 032-440-8647

1) 운송원가 중 인건비비율을 적용한 재정지원
 2) 총운송수입금대비 운송원가에 대한 차액의 재정지원
 3) 「교통여건변화에 따른 인천시내버스 노선체계개편」 연구가 2011년 11월부터 2013년 1월까지 인천발전연구원에서 수행되었음.

시내버스 노선체계 문제점

도시여건에 따라 버스노선체계의 문제점은 다르다. 인천광역시의 노선체계 문제점은 크게 3가지로 요약할 수 있다. 지역생활권별 서비스공급불균형, 차내용량을 초과하는 차내혼잡도, 이용수요에 비탄력적인 배차간격 등을 중심으로 분석했다.

1. 지역별 시내버스 서비스공급 불균형

인천광역시 8개구 122개 행정동⁴⁾을 122개 존으로 설정하고 인천시내버스 193개 노선⁵⁾에 대한 버스 서비스 공급지수(CIBA: City Index of Bus Availability)를 산출하였다. 버스 서비스 공급지수는 행정동 존별 인구대비 버스용량, 인구대비 버스정류장 밀도, 인구대비 버스운행횟수의 3개 버스운행특성 지수를 표준화하여 상대적 순위를 부여하고, 그 최대값으로 나눠 존별 버스노선체계의 상대적 서비스 수준을 0에서 1까지의 수로 지수화하여 도출하였다. 이에 인구대비 버스서비스의 공급이 부족한 지역은 0에 가까운 낮은 지수가, 그렇지 않은 지역은 1에 가까운 지수가 부여되어 122개존의 버스공급정도를 객관적이고 표준화된 지표를 통해 상대적 비교를 가능하게 하였다.

$$C_{zone} = \frac{BS_{zone} \times L_{zone}}{POP_{zone}}$$

$$CO_{zone} = \frac{S_{zone}}{A_{zone} \times POP_{zone}}$$

$$F_{zone} = f_{TB}$$

$$CIBA_{zone} = C_{zone} + CO_{zone} + F_{zone}$$

여기서, C_{zone} : Capacity score in the zone
 CO_{zone} : Coverage score in the zone
 F_{zone} : 해당존 버스운행횟수 지수
 L_{zone} : Route length

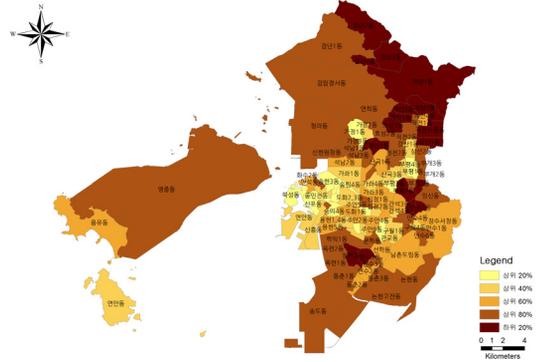


그림 1. 인천 버스 서비스 공급지수(CIBA)

POP_{zone} : 해당존 인구수
 BS_{zone} : Total daily bus seats
 S_{zone} : Number of bus stops
 A_{zone} : Area of the Zone
 f_{TB} : 해당존 정류소 통과한 총 버스대수(해당존 운행노선연장(L_{zone})에 적어도 한 개의 정류장이 있다면, 그렇지 않은 경우 0)

인천광역시의 행정동 존별 버스 서비스 이용도 지수를 백분위에 따라 5개 계급(상위 20%, 상위 40%, 상위 60%, 상위 80%, 하위 20%)으로 구분하여 표출한 GIS맵은 그림 1과 같고, 버스 서비스 공급이 부족할수록 진한색으로 나타내었다. 분석결과 버스서비스가 도심지 위주로 편향되어 공급되어 있고 외곽지역과 신규개발지역엔 부족한 것으로 나타나 지역간 서비스 공급 불균형이 심한 것으로 분석되었다.

2. 차내용량을 초과하는 차내혼잡도

차내혼잡도는 노선별 운행대수가 적정수준으로 공급되고 있는지의 여부를 차내서비스 수준의 관점에서 살펴볼 수 있는 대표적인 효과척도이다. 한국도로용량편람(KHCM, 2005)⁶⁾은 차내

4) 강화, 옹진 제외, 논현1동·논현2동은 논현동으로 통합하여 분석
 5) 광역버스·강화군내버스 제외, 2011년 11월말 기준
 6) 노선개편연구시점에 한국도로용량편람(2013)은 출판되지 않았다. 내용은 동일하다.

표 1. 차내혼잡도 산출 차량형태 기준

구분	차량유형	차량면적	입석면적	비고
좌석형	광역형	26.37㎡	3.77㎡	45인승
	급행간선형			
입석형	좌석형	23.30㎡	7.5㎡	31인승
	간선형			
	지선형 기타마을버스			

출처: 한국도로교통연구원(KHCM, 2005).

표 2. 차내혼잡도 서비스수준별 버스 노선수(전일)

LOS	탑승인원 (명)	노선수(개)					
		간선	급행 간선	좌석	광역	지선	계
A	0-15 (0-22)	7	0	1	0	4	12
B	16-31 (23-34)	13	0	1	0	12	26
C	32-44 (35-45)	11	0	2	1	18	32
D	45-57 (46-55)	24	2	4	1	29	60
E	58-70 (56-65)	32	3	3	9	11	58
F	>71 (>65)	5	3	2	4	0	14
계		92	8	13	15	74	202

주 1) 2011년 11월 카드자료 기준(2012년 신규노선 제외, 일부 영종도 1회운행노선 제외)

주 2) 탑승인원 (): 좌석형

혼잡도 분석을 위해 버스형태를 좌석형, 입석형(도시형, 순환) 두 가지 유형으로 분류하여 버스제원을 적용·제시하고 있다. 버스내 탑승인원은 교통카드통행자료⁷⁾기반 차량당 재차인원을 산정하였다.

인천시내버스 차내혼잡도를 분석하여 버스유형별/시간대별로 살펴보았다. 표 2에서 전일기준으로 보면 입석승객이 발생하는 서비스수준 C이하의 노선이 간선버스는 72개(78%), 급행간선버스와 광역버스는 23개(100%), 좌석버스는 11개(85%), 지선버스는 58개(78%)에서 차내가 혼잡한 것으로 나타났다.

표 3에서 시간대별로 보면, 첨두시에는 서비스

표 3. 차내혼잡도 서비스수준별 버스 노선수(시간대별)

LOS	탑승인원 (명)	노선수(개)				
		오전 첨두	오후 첨두	비첨두1	비첨두2	계
A	0-15 (0-22)	12	25	50	49	136
B	16-31 (23-34)	26	40	101	105	272
C	32-44 (35-45)	38	54	36	31	159
D	45-57 (46-55)	59	51	7	10	127
E	58-70 (56-65)	54	22	3	2	81
F	>71 (>65)	10	7	0	0	17
계		199	199	197	197	-

주 1) 2011년 11월 카드자료 기준(2012년 신규노선 제외, 일부 영종도 1회운행노선 제외)

주 2) 탑승인원 (): 좌석형

주 3) 오전첨두 : 07:00-09:00

오후첨두 : 18:00-20:00

비첨두 1 : 10:00-12:00

비첨두 2 : 14:00-16:00

수준 C이하의 노선이 많고 비첨두시에는 서비스 수준 B이상의 노선이 많은 것으로 나타났다. 승객수요가 첨두시에 집중되어 차내가 혼잡하지만, 비첨두시에 수요가 적어 차내가 비혼잡 상태를 보였다.

차내혼잡도는 각 노선별로 분석하였으며, 이를 개선하기 위한 방안으로 운행횟수조정을 위한 노선단축·증차 등의 방안을 모색하였다.

3. 이용수요에 비탄력적인 배차간격

배차간격은 노선별 운행대수가 적정수준으로 공급되고 있는지의 여부를 차외서비스 수준의 관점에서 살펴볼 수 있는 대표적인 효과척도이다.

노선별 이용수요에 비해 운행횟수와 운행대수가 과잉 공급되어 있는 경우, 해당 노선의 배차간격과 차내혼잡도가 좋을 수 있다.⁸⁾ 한정된 버스차량대

7) 2011년 11월 17(목)-20(일) 카드통행자료를 기반으로 현금승차를 보정하여 각 차량의 최대 재차인원 산정, 현금승차는 인천시 버스정책과 내부자료를 통해 2011년 기준 현금승차율 8.6% 적용

8) 실제로 '노선이기주의'가 여기서 발생한다. 물론 '해당 노선' 이용자입장에서 좋지만, '전체' 이용자입장에서 과연 노선이기주의를 자연스러운 현상으로 받아들이는지 고민이다.

수로 운영될 경우, 대중교통 서비스가 열악한 다른 버스노선에 배차간격 개선의 여지가 없게 된다.⁹⁾ 적정수준의 이용자 서비스수준을 만족하면서도 전체 버스노선체계의 공공성기준에 부합하는 운행대수와 운행횟수의 관리는 버스준공영제의 관건이라 할 수 있다.

수요측면 버스운행횟수는 운행노선 중 최대부하 구간(Maximum Load Section)의 승객수를 만족시킬 수 있는 최소운행횟수를 말한다.

$$f_D = \frac{V_{MLS}}{C_{LOSC}}$$

여기서, f_D : 수요기준 적정 운행횟수

V_{MLS} : 최대부하구간의 승객수
(시간, 일, 월)

C_{LOSC} : 차내혼잡도 서비스수준 C를 만족하는 임계승차정원
(입석형:44인, 좌석형:45인)

공급측면 버스운행횟수는 버스공급여건(예, 왕복운행시간, 터미널시간, 첫차막차운영시간 등)에서 최대로 공급할 수 있는 최대 운행횟수를 말한다.

$$f_S = \frac{O_t}{h_s} = \frac{O_t}{\left(\frac{2T_0 + t_t}{N_T - N_R}\right)} = \frac{\text{운영시간}}{\left(\frac{\text{왕복운행시간} + \text{터미널시간}}{\text{운행대수}}\right)}$$

여기서, f_S : 공급 가능한 총 운행횟수

T_0 : 편도운행시간

t_t : 터미널시간

N_T : 해당 노선 총 차량대수

N_R : 해당 노선 예비차량대수

O_t : 운영시간(=막차시간-첫차시간)

h_s : 서비스 배차간격(분)

표 4. 버스운행횟수 및 운행대수 과잉공급

구분		간선 버스	좌석 버스	급행 간선버스	지선 버스	합계
현재	운행횟수	7,829	914	586	8,279	17,608
	운행대수	1,256	198	81	483	2,018
공급기준	운행횟수	7,316	931	558	6,795	15,600
	증 감	-513	17	-28	-1,484	-2,008
	운행대수	1,256	198	81	483	2,018
수요기준	증 감	0	0	0	0	0
	운행횟수	4,799	660	304	3,648	9,411
	증 감	-3,030	-254	-282	-4,631	-8,197
공공성 기준	운행대수	913	151	50	303	1,417
	증 감	-343	-47	-31	-180	-601
	운행횟수	6,237	852	550	5,949	13,588
공공성-공급기준	증 감	-1,592	-62	-36	-2,330	-4,020
	운행대수	1,097	185	81	435	1,798
	증 감	-159	-13	0	-48	-220
공공성-공급기준	운행횟수	-1,079	-79	-8	-846	-2,012
	운행대수	-159	-13	0	-48	-220

주) 2012년 11월말 기준

공공성측면의 버스운행횟수는 업체운영자의 도덕적 해이와 일부 이용자의 노선이기주의에 대응하는 운행횟수를 말한다. 과잉 공급노선에 대해서 감차를 통해 운행횟수(f_S)를 관리하고 버스서비스 낙후지역의 교통복지와 버스수요 증가지역에 운행횟수(f_D)를 제공한다. 표 4에서 공공성 기준에 의한 분석은 220대 감차한 1,798대로 운행횟수 공급이 가능한 것으로 분석된다.

시내버스 노선개편 방법론

1. 버스노선체계 개편전략

인천시내버스 버스노선체계 개편전략을 4가지 관점에서 보았다. 첫째, 지하철(철도) 신설 역세권 및 신규개발지역에 노선체계가 공급되도록 하였다. 수인선, 서울지하철 7호선 연장, 인천국제공항 철도 역세권과 연계 등 지하철-버스간 복합대중교

9) 이 부분이 재원부족에 시달리는 준공영제의 한계라 할 수 있다. 민영화라면 신규수요 발생지역으로 신규노선투입을 하게 된다는 것이다. 그러나 민간에서도 신규노선투입을 꺼리는 경우, 서비스 열악지역에 대한 적정수준의 대중교통서비스 제공은 준공영 노선으로 서비스공급이 가능하다. 물론 적정수준의 재정지원확보가 담보되어야 한다는 전제하에서 말이다.

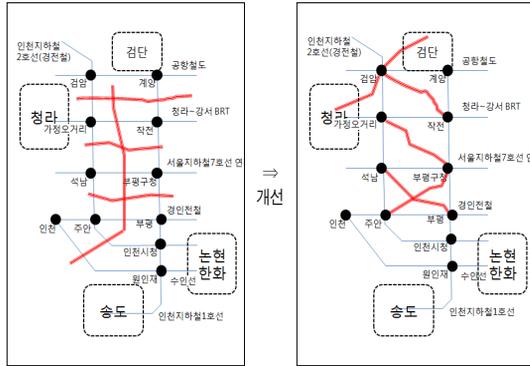


그림 2. 신설역세권 및 신규개발지역 노선공급 전략



그림 3. 노선체계개편 시민공청회 현장

통 네트워크추방안을 강구하였다. 청라지구, 서창 2지구, 논현지구 등 신규택지개발지역으로 적정수준의 시내버스 노선개편방안을 강구하였다.

둘째, 노선체계 효율성 및 생산성을 제고하였다. 노선 운행여건을 고려하여 공급 가능한 운행횟수를 조정하고, 이용수요특성을 고려하여 운행횟수를 탄력적으로 조정하였다.

셋째, 노선체계 수익성 및 공공성이 조화를 이루도록 하였다. 현재 수익성이 양호한 노선은 가능한 존치하였고, 수요증대 및 수익성 개선을 위해 지하철 역 접근성을 강화하였다. 또한 통학로, 대체노선 부재, 최대승차구간, 최대OD구간 등을 고려하여 공공성과 수익성을 해치지 않도록 살폈다.

마지막으로 중복 및 굴곡을 개선하도록 하였다. 이용자 접근성과 노선별 수익성을 고려하여 굴곡도를 개선하였다.

2. 버스노선체계 개편안 수립과정

NP-complete¹⁰⁾의 특징을 가지는 현실세계의 버스 노선망 설계문제에 대해서 V.M. Tom and Mohan(2003)은 5가지의 접근방법으로 분류하였다.

- ① 해석적모형(analytic model)

- ② 휴리스틱모형(heuristic model)
- ③ 하이브리드모형(hybrid model)
- ④ 경험기반모형(experience based model)
- ⑤ 시뮬레이션모형(simulation model)

인천시내버스 노선망 설계문제는 200개 이상의 버스노선에 대한 조합(combination)의 문제로 본다면, V.M. Tom and Mohan(2003)이 제안한 5가지 접근방법을 적용하여 백지상태의 가로망에서 최적조합의 버스 노선망을 도출하는 것은 불가능하다.

본 연구에서는 인천시내버스 노선망 개편안 도출을 위해 전문가·지역주민의 경험에 기반하여 다양한 대안의 조합을 도출하였다. 정량적 평가구조(기종점 통행량, 시내버스 분석네트워크, 대중교통 통행배정모형)를 구축하여 대안별 개편효과를 분석하였다.

지역을 8개 권역¹¹⁾으로 구분하고, 각 권역별 이동성과 접근성 분석으로 개별노선의 조정·신설을 위한 초안을 도출하였다. 개별노선의 차내혼잡도, 운행횟수, 운행대수, 배차간격, 중복도·굴곡도 분석으로 노선연장·단축 방안을 도출하였다. 버스노선관련 민원사항과 비교분석하는 등의 일련의 시행착오법으로 노선개편안을 도출하였다.

개편노선안의 지지도를 높이기 위해 시 담당자

10) 결정적(deterministic)알고리즘에 의해 유일해가 존재하지 않고, 비결정적(non-deterministic)알고리즘에 의해 유일해가 존재하지 않는 의사결정문제의 하나임.

11) 서구(검단지역), 서구(청라 및 원도심 지역), 계양구, 부평구, 중구·동구·남구, 연수구, 남동구, 영종·용유

의 민원상담내용과 비교분석하였다. 권역별 주민 설명회로 개편노선안에 대해 주민들의 의견을 듣는 소통과정을 거쳤다. 개별업체와 협의하여 운전 기사 편의문제(기종점 기사식당, 화장실 문제 등), 차고지 문제, 배차 문제 등을 청취하여 현실 적용성을 높였다.

3. 버스 노선망 정량적 평가체계 구축

노선개편대안의 평가를 위해 복합대중교통 네트워크 분석체계를 구축하였다. 버스노선체계 평가 프로그램(BTRN:Bus Transit Route Network)은 복합대중교통 네트워크 통행배정모형, 중복도 및 굴곡도 분석기능을 활용하여 노선개편효과분석이 가능하다.

통행배정모형은 그림 4와 같이 기종점간 통행 수요(d_{ij})를 환승횟수의 위계적 관점에서 통행배정을 수행한다. 기종점간 최소통행시간을 갖는 3개의 후보노선별로 운행횟수(대기시간)와 탑승후 통행시간에 따라 노선선택확률을 계산하여 통행량을 배분한다.

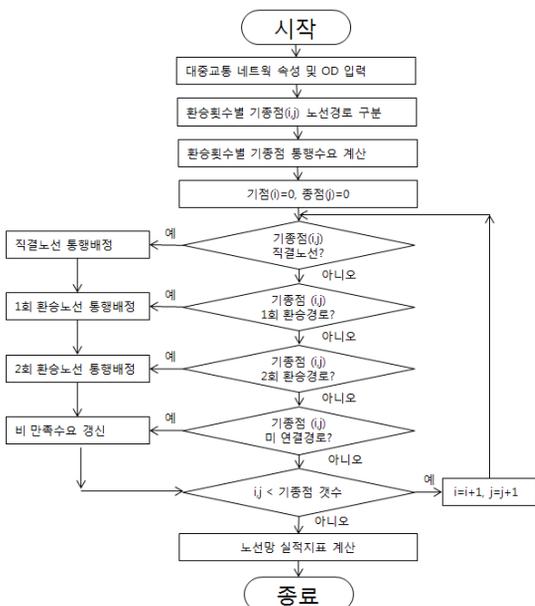


그림 4. 복합대중교통 네트워크 통행배정 과정

BTRN 프로그램의 입력데이터는 노드(node) 링크(link)로 구성된 복합대중교통망(공로, 버스, 철도), 기종점통행량, 그 외 노선데이터(운행횟수, 배차간격, 노선경유node 등)를 필요로 한다.

여기서 기종점통행량 분석준은 그림 5와 같이 교차로와 미드블럭을 중심으로 300m를 설정하여 주변의 버스정류소를 대표한다. 인천광역시 분석 네트워크는 교차로 중심 집합화 분석준은 1,636개 이고, 미드블럭 중심 집합화 준은 536개로 집합화 되었다.

복합대중교통 네트워크는 버스 네트워크를 정류소로 집합화하여 공로·버스·철도 네트워크로 단순화 하였다. 공로와 지하철(철도)네트워크는 KTDB 교

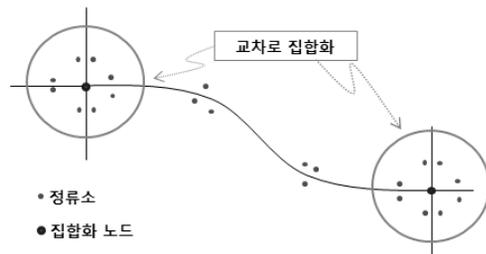


그림 5. 교차로 중심의 집합화

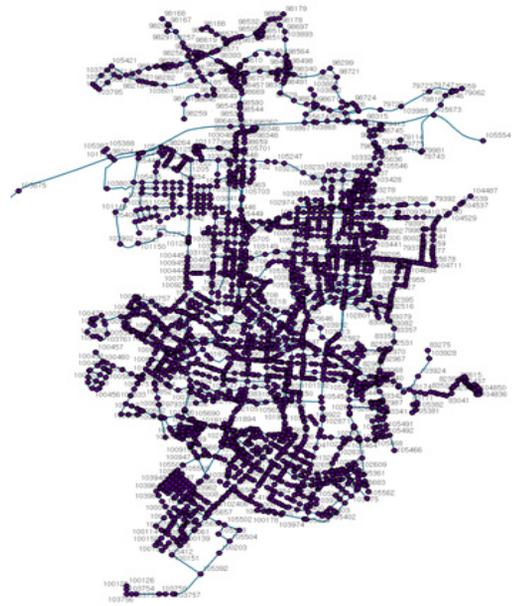


그림 6. 인천광역시 버스정류소 집합화 준

통주제도의 도로(철도)중심선을 활용하여 속성자료를 구축하고, 인천EB카드와 경기EB카드 자료를 활용하여 버스노선네트워크를 구축하였다.

개인교통수단 전환수요는 대중교통 수단으로 전이되는 효과를 Incremental Logit Model을 통해 분석하였다. 복합대중교통 수요는 다항로짓 경로선택모형을 사용하였다.

중복도는 그림 9와 같이 버스노선이 특정지역 또는 구간에 집중되는 정도를 나타내는 지표이다. 이동거리기준 굴곡도는 계통선형으로 계통인식성 정도를 나타내는 지표이다. 수요기준 굴곡도는 최단거리를 이용하는 기종점수요의 정도를 나타내는 지표이다.

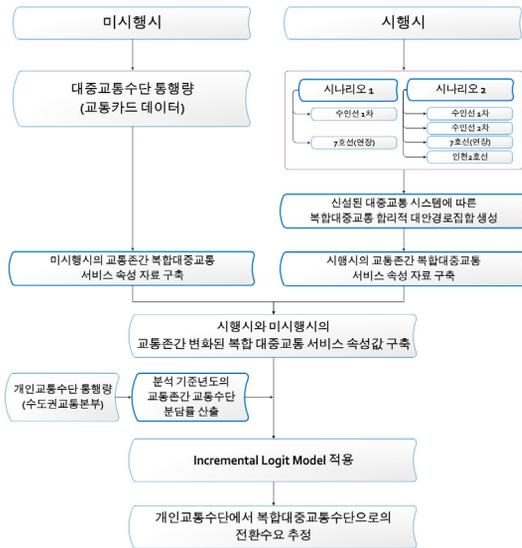


그림 7. 개인교통수단 전환수요 분석 흐름도

$$P_i^{rs} = \frac{e^{\theta C_i^{rs}}}{\sum_k e^{\theta C_k^{rs}}}, k \in K_{rs}$$

- P_i : 기점 r에서 종점 s로 가는 i번째 경로의 수요배정확률
- C_i : 기점 r에서 종점 s로 가는 i번째 경로의 일반화비용
- θ : 민감도계수 ($\theta \rightarrow 0$: 균일배정, $\theta \rightarrow \infty$: 단일노선배정)
- k : 대안경로
- K_{rs} : 기점 r에서 종점 s로 가는 모든 경로집합

그림 8. 다항로짓 경로선택모형

$$O_k = \frac{\left[\sum_l^m (d_l^k \times nr_l^k) \right]}{td^k}$$

- O_k : 노선 k의 중복도
- m : 노선 k계통 내 itinerary 경유 링크(link) 개수
- d_l^k : 노선 k계통 내 itinerary 링크(l) 실거리
- nr_l^k : 노선 k계통 내 itinerary 링크(l) 경유노선 계통수
- td^k : 노선 k계통 운행거리(왕복)

그림 9. 중복도 산출 모형

$$B_k = \frac{\left[\sum_i^n \sum_j^n \frac{d_{ij}^k}{r_{ij}^k} \right]}{(n^2 - n)}$$

- B_k : 노선 k의 거리굴곡도
- $i-j$: 노선 k계통 내 정류소 구간 기종점
- m : 노선계통 집합화 정류소 개수
- d_{ij}^k : 노선 k계통 내 정류소 i-j구간 노선계통거리, (i,i),(j,j)는 제외
- r_{ij}^k : 노선 k계통 내 정류소 i-j구간 공로최단거리, (i,i),(j,j)는 제외

그림 10. 이동거리 기준 굴곡도 산출 모형

$$R_k = \frac{\sum_i^n \sum_j^n \left[\frac{d_{ij}^k}{r_{ij}^k} \times b_{ij}^{od} \right]}{\left[\sum_i^n \sum_j^n b_{ij}^{od} \right]}$$

- R_k : 노선 k의 수요굴곡도
- b_{ij}^{od} : 집합화 정류소 간 전체 버스OD 통행량(해당노선의 OD아님)
- $i-j$: 노선 k계통 내 itinerary 정류소 구간 기종점
- n : 노선 k계통 내 itinerary 정류소 개수
- d_{ij}^k : 노선 k계통 내 itinerary 정류소 i-j구간 노선계통거리
- r_{ij}^k : 노선 k계통 내 itinerary 정류소 i-j구간 공로최단거리

그림 11. 수요기준 굴곡도 산출 모형

시내버스 노선체계 개편안

시내버스 노선개편안은 2012년 11월 말 기준 간선 95개, 급행간선 8개, 좌석 15개, 지선 77개, 총 195개 노선을 대상으로 하였다. 이 중에서 신설노선 5개 노선을 포함한 조정·폐선노선은 전체

노선의 51.5%인 103개 노선이다. 간선버스 56개 노선, 지선버스 40개 노선, 좌석버스 7개 노선이 개편되었다. 인천형 준공영제로 운영되는 급행 간선버스의 경우 모두 존치되었다.¹²⁾

송도, 청라, 영종, 검단, 남동공단, 논현/한화/서창2지구 등 신규개발지에 대해서 이동성과 접근성을 향상시키는 개편안을 제안하였다. 남동공단은 공단지역으로 이용자의 대부분이 근로자들이기 때문에 출퇴근자의 접근 편의 개선에 중점을 두었다. 그 외 경인전철역 위주의 지하철-버스 연계노선을 공항철도, 서울지하철 7호선연장, 수인선 등과 연계되도록 노선신설·조정·연장하였다.

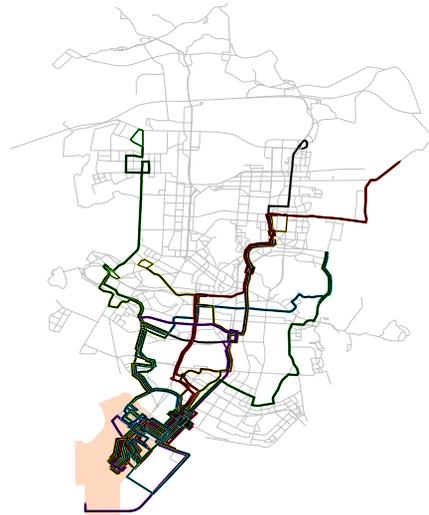


그림 12. 송도경제자유구역 노선개편안

표 5. 인천시내버스 노선체계 개편안(2012.12)

구분	간선	급행간선	좌석	지선	계
존치	43	8	9	37	97
	43.43%	100.00%	56.25%	48.05%	48.50%
조정	43	0	6	30	79
	43.43%	0.00%	37.50%	38.96%	39.50%
폐선	9	0	0	10	19
	9.09%	0.00%	0.00%	12.99%	9.50%
신설	4	0	1	0	5
	4.04%	0.00%	6.25%	0.00%	2.50%
계	99	8	16	77	200
	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

주1) 부노선 포함

주2) 광역급행, 광역버스, 마을/공영버스 집계에서 제외

표 6. 주요 권역 노선개편안

구분	기존		추가	폐선	계
	존치	개편			
송도	8	5	3	0	16
청라	7	5	7	1	18
영종	18	7	2	1	26
검단	20	10	1	2	29
남동공단	13	7	1	2	19
논현/한화	11	6	1	4	14
서창2지구	1	1	2	0	4

주) 기존 : 기존에 권역내 운행하던 노선

추가 : 기존에 권역내부로 투입되지 않던 노선

버스노선체계 개편 효과

1. 지하철/철도 개통에 따른 전환수요

서울지하철 7호선과 수인선이 개통된 후 표 7과 같이 시내와 시외로 구분하여 전환교통수요 변화를 분석하였다. 시내통행의 경우, 개인교통수단(33,372통행)과 버스교통수단(14,164통행)의 통

표 7. 지하철/철도 개통에 따른 전환교통수요

(단위: 통행)

유형	구분	개인 교통	대중교통			총계
			버스	버스-지하철	지하철	
인천시	미시행	2,062,187	631,769	79,229	122,762	2,895,947
	↔	(71.21%)	(21.82%)	(2.74%)	(4.24%)	
인천시	시 행	2,028,815	617,605	124,718	124,810	
		(70.06%)	(21.33%)	(4.31%)	(4.31%)	
인천시	미시행	1,089,521	91,647	190,410	233,803	1,605,381
	↔	(67.87%)	(5.71%)	(11.86%)	(14.56%)	
외곽(서울,경기)	시 행	1,081,696	77,211	228,256	218,218	
		(67.38%)	(4.81%)	(14.22%)	(13.59%)	

자료) 개인교통 : 수도권 장래 교통수요예측 경신 용역, 수도권교통본부, 2010.5
 복합대중교통 : 인천EB카드, 한국스마트카드 자료
 (2011년 11월 17일 04:00 - 18일 04:00)

12) 인천형 준공영제 노선은 인천광역시의 노선조정권이 없기 때문에 존치하였다.

행량이 감소하였다. 버스-지하철 복합대중교통수단(45,489통행)과 지하철교통수단(2,048통행)의 통행량은 증가하였다.

2. 굴곡도 및 중복도

노선개편 전·후 비교 가능한 노선 150개 중 60.7% 수준인 91개 노선에서 중복도가 개선되었다. 간선·지선노선에서 중복도 개선비율이 높았다.

개편 후 거리기준 굴곡도와 수요기준 굴곡도가 완화되었다. 그러나 거리기준 굴곡도에 비해 수요기준 굴곡도의 값이 크게 나타나 실제 이용객의 우회가 개선되었다고 볼 수 없다. 이 원인은 버스대수 총량제한 하에서 탄력배차 조정 없이 노선단축·폐선·신설·조정 등의 개편안의 한계로 해석된다.

표 8. 인천시내버스 노선 중복도 분석

구분	간선	좌석	급행간선	지선	평균
개편전	12.3	12.7	13.3	11.0	11.8
개편후	12.0	12.3	13.5	10.7	11.5
중복도 개선 노선 비율(%)	45/70 (64.3%)	4/7 (57.1%)	2/8 (25.0%)	40/65 (61.5%)	91/150 (60.7%)

주 1: 광역버스, 강화군버스, 인천공항버스, 영종내부버스 등 이용통행량 제외
주 2: 중복도 개선 비율은 분석범위 안에서 개편 전/후 비교 가능한 노선 중 중복도 개선된 비율을 말함.

표 9. 인천시내버스 노선 굴곡도 분석

구분	간선	좌석	급행간선	지선	평균
거리 기준	개편전 9.9 개편후 6.5	26.2 48.0	2.2 5.7	34.2 23.4	21.0 15.8
수요 기준	개편전 30.7 개편후 26.6	13.7 28.0	5.1 2.0	25.3 25.5	26.4 25.1
굴곡도 개선 비율(%)	거리 기준 42/70 (60.0%) 수요 기준 20/70 (28.6%)	4/7 (57.1%) 2/7 (28.6%)	2/8 (25.0%) 2/8 (25.0%)	22/65 (33.8%) 19/65 (29.2%)	70/150 (46.7%) 43/150 (28.7%)

주 1: 광역버스, 강화군버스, 인천공항버스, 영종내부버스 등 이용통행량 제외
주 2: 굴곡도 개선 비율은 분석범위 안에서 개편 전/후 비교 가능한 노선 중 중복도 개선된 비율을 말함.
주 3: 본 연구의 굴곡도 선정기준 최단거리는 공표기준이 아닌 버스노선네트워크 기준임.

3. 환승 횟수별 통행량

노선개편 후 환승통행량 분석결과는 통합 환승요금 손실보조금 파악에 중요하다. 표 10에서 노선개편 전 실제 환승통행량과 BTRN 모형의 환승횟수별 통행량은 크게 차이나지 않아 현실모사능력이 있는 것으로 판단된다. 개편 전·후 환승횟수별 통행량은 큰 변화가 없게 나타났다.¹³⁾

4. 노선수 및 버스운행거리

인천시내버스 노선개편 전·후의 비교결과, 전체노선의 총 운행거리가 91.2km 단축되었다. 평균운행거리는 2.5km 감소하였다. 운행대수의 차이는 없었다.

표 10. 환승횟수별 통행량 변화

구분	카드데이터 (2011년 11월17일)		BTRN모형 (개편전)		BTRN모형 (개편후)	
	통행량	비중	통행량	비중	통행량	비중
총계	1,358,388	100.0%	1,185,025	100.0%	1,185,025	100.0%
직결	908,896	66.9%	945,431	79.8%	942,979	79.6%
1회 환승	354,347	26.1%	234,497	19.8%	233,563	19.7%
2회 환승	83,475	6.1%	879	0.1%	1,386	0.1%
3회 이상	11,670	0.9%	4,218	0.4%	7,097	0.6%

주: BTRN 모형에서는 광역버스, 강화군버스, 인천공항버스, 영종내부버스 등 이용통행량 제외

표 11. 인천시내버스 노선개편안 운행거리 비교

구분	간선	급행간선	좌석	지선	합계
개편 전 노선수	95	8	15	77	195
총운행거리	4,051.8	339.3	1,324.7	1,046.8	6,762.6
평균운행거리	42.7	42.4	88.3	13.6	34.7
개편 후 노선수	90	8	16	67	181
총운행거리	3,956.9	339.3	1,360.1	1,015.1	6,671.4
평균운행거리	44.0	42.4	85.0	15.2	36.9
증감 총운행거리	-94.9	0.0	35.4	-31.7	-91.2
평균운행거리	1.3	0.0	-3.3	1.6	-2.5

주 1: 부노선 미포함
주 2: 개편전과 개편후의 운행대수 변화는 없음.

13) 개편전후 환승통행량의 변화가 없는 원인은 청라·송도·논현·한화·서창2지구 등 2012년 연구수행 당시 버스수요가 BTRN모형 입력값인 교통카드 통행량 자료에 반영되지 못하였다. 교통카드 자료는 2011년 11월 기준이었다.

노선체계 개편 시행결과

2012년 12월 노선개편용역이 완료된 이후 2012년과 2013년 10월 기준의 인천시내버스노선의 조정·폐선·신설 현황을 분석하였다. 분석대상 200개 노선 중 32%수준인 64개 노선이 개편된 것으로 파악되었다. 간선버스는 95개 중 30개 노선(31%)이 조정되었고 3개 노선(3%)은 폐선, 1개 노선(1%)은 신설되었다. 급행간선버스는 8개노선 중 2개 노선(22%)이 폐선되었고, 1개 노선(11%)이 신설되었다. 좌석버스는 15개 노선 중 4개 노선(25%)이 조정되었고 1개 노선(6%)이 신설되었다. 지선버스는 전체 77개 노선 중 17개 노선(22%)이 조정되었고 3개 노선(4%)은 폐선되었으며 2개 노선(3%)이 신설되었다.

이러한 노선개편이 기 추진된 노선개편용역결과를 어느 정도 반영하여 추진하였는지를 분석하였는데, 간선버스는 5개 노선이 용역결과를 일부 반영하였고, 1개 노선은 용역결과를 전부 반영하였다. 급행간선버스는 당시 인천형 준공영제로 모두 존치하도록 했으나 폐선·신설되었고, 좌석버스는 1개 노선만이 용역결과를 전부 반영하였다. 지선버스의 경우 4개 노선이 용역결과를 일부반영하였고, 1개 노선은 용역결과를 반영하여 폐선조치하였다.

인천시에서는 용역 준공 이후 일부 변경된 노선

표 12. 시내버스 노선체계 개편현황(2013.10)

구분	간선	급행간선	좌석	지선	계
존치	62 64.58%	6 66.67%	11 68.75%	57 72.15%	136 68.00%
조정	30 31.25%	0 0.00%	4 25.00%	17 21.52%	51 25.50%
폐선	3 3.13%	2 22.22%	0 0.00%	3 3.80%	8 4.00%
신설	1 1.04%	1 11.11%	1 6.25%	2 2.53%	5 2.50%
계	96 100.00%	9 100.00%	16 100.00%	79 100.00%	200 100.00%

주 1: 부노선 포함

주 2: 용역결과 반영 : 간선(1개 전부반영, 5개 일부반영), 좌석(1개 전부반영), 지선(1개 전부반영<폐선>, 4개 일부반영)

이 있으나, 노선개편 용역과는 무관한 것이 대부분이었다. 노선개편연구가 일시에 적용되기에는 많은 시민불편 야기와 막대한 예산 및 행정력이 필요하고, 그보다 시급한 노선민원처리로 인한 것으로 보인다. 결과적으로 2012년과 2013년 10월 기준의 노선체계 현황을 비교하면 당초 노선개편연구에서 제안한 대폭적인 노선개편은 없었다.

노선체계개편 관련 주요 시사점

시내버스 노선체계 개편의 가장 큰 어려움은 노선과 관련하여 각종 이해관계의 대립 문제이다. 준공영제를 시행하더라도 시민편의위주의 노선개편이라는 취지가 그리 쉬운 것은 아닌 것 같다. 준공영제 시행이후 새로운 양상의 이해관계의 대립이 나타났다. 업체 운영자와 운전자들의 현실안주로 인한 적극적 노선운영개선 의지가 부족하였다. 이에 대한 적극적인 동기부여를 위한 시책추진이 미흡하였다. 일부 노선이기주의 민원에 대한 단호한 원칙적 대응이 부족했다. 준공영제 재정지원의 지속가능성에 대한 이해당사자들 간 신뢰가 부족했다. 시민생활에 직접적으로 영향을 미치는 시내버

표 13. 인천시내버스 노선체계 개편현황

구분	노선수	평균 노선연장	면허대수	평균 운행횟수
2012년 10월말	간선 88	42.9	1,256	89.1
	급행간선 8	42.4	81	73.3
	좌석 15	88.3	198	63.3
	지선 75	13.3	482	103.0
	계 188	34.4	2,017	92.1
2013년 10월말	간선 88	45.0	1,273	89.4
	급행간선 7	44.2	81	81.7
	좌석 16	83.6	212	68.1
	지선 77	13.9	483	99.4
	계 188	35.5	2,049	91.4
비교	간선 0	2.1	17.0	0.2
	급행간선 -1	1.8	0.0	8.5
	좌석 1	-4.8	14.0	4.8
	지선 0	0.6	0.0	-3.6
	계 0	1.1	32	-0.7

주: 부노선 제외

스 노선개편시책에 대한 추진이 아쉬웠다.

노선체계개편과 관련된 주요 시사점을 이해관계자별로 정리하였다.

1. 이용자 측면

인천광역시는 시가지 확장으로 노선신설, 증차 등의 대중교통 서비스 개선민원은 꾸준히 증가하고 있다. 준공영 시내버스 노선체계에서 노선의 수익성 보다는 시민편의를 우선하는 적정수준의 노선서비스를 제공하여야 하는 게 원칙이다. 그러나 시 재원부족과 신설 및 증차노선에 대한 특혜시비 등으로 이러한 원칙이 서지 않고 이용자, 운영자 내부 간 갈등을 유발하는 원인이 되어 버렸다. 도시의 시가지가 확장되면서 무질서한 노선체계를 공공이 개입해서 체계적으로 정비할 것을 예상하고 준공영 시내버스를 운영하였으나, 예산부족이라는 현실의 벽에 부딪히게 되었다.

버스 이용자 간 갈등은 이동성과 접근성의 상충으로 나타났다. 개인교통수단과의 경쟁력을 위해 굴곡 및 연계환승보다는 직결노선이 중요하다는 이용자와 노선의 굴곡이 발생하더라도 접근성을 증진시켜주길 바라는 이용자 간의 내부 갈등이 발생하였다. 방법은 증차뿐이지만 예산의 제약이 따른다.

시내버스 이용자와 관련 없어 보이는 지역주민들의 집단 이기주의도 문제다. 원도심과 신도심으로 나뉜 도시특성상 인구변화에 따른 버스서비스 공급수준 조정은 불가피한 점이 있다. 버스노선 공급수준에 따라 부동산 가격 영향, 지역 정치인의 정치적 입지 등 외부효과를 기대한 지역주민의 갈등이 발생하였다.

버스노선 기종점 주변 주거지 정주여건과 교통안전문제에 대한 민원이다. 주거지역에 시내버스를 매일 이용하는 주민은 노선이 주거지 가까이 들어오길 원하지만, 해당 노선을 이용하지 않는 주민들은 조용하고 쾌적한 주거환경을 위해 운행노선을 조정시켜달라고 요청하기도 하는 등 주민 간 갈

등이 발생하였다.

원도심의 재개발, 신도심의 택지개발 등으로 시가지가 변화·확장되는 지역에 노선신설이나 증차는 확고한 재정지원책과 노선입찰제에 의한 준공영 시내버스 운영체계가 요구된다.

2. 운영자 측면

인천시내버스 정책이 준공영제임에도 불구하고 버스업체 운영자는 시 재정여건 상 준공영제의 지속가능성에 대한 신뢰부족으로 인해 적극적인 노선운영개선보다는 현실에 안주(安住)하는 버스노선운영 마인드를 갖고 있었다. 업체 운영자는 현 운행노선의 수입구조에 민감하게 반응하면서 개편 대상 노선에 포함되는 것에 많은 거부감을 표시하였다. 교통여건에 맞춰 도시 전체의 합리적 노선체계 구축을 위한 큰 그림보다는 기 운행노선의 관성법칙을 그대로 유지하려는 경향을 보였다.

버스업체 내부에서도 관리자와 운전자의 입장 차이가 발생하는데, 관리자는 그나마 수익성이 높거나 장기적으로 봤을 때 수익노선에 관심을 보이지만, 일부 운전자는 혼잡하지 않은 도로, 안전사고가 없고 포장이 잘 된 도로, 차고지 및 회차지 휴식 여건 등이 양호한 노선을 강하게 선호하고, 개편대상노선이 그렇지 못한 경우 완강하게 거부한다는 행태를 보였다.

3. 관리자 측면

노선조정권만을 갖고 업체 운영자들의 이해관계를 조정하는데 한계가 있다. 노선체계개편의 실효성을 제고할 수 있는 방안 모색이 필요하다. 버스 전용차로, 버스차고지, 환승시설, 교통안전시설정비 등 버스기반시설의 정비가 병행 추진되어야 한다.

버스부문의 적정재정지원규모에 대한 명확한 목표와 의지가 필요하다. 5년차에 든 버스준공영제 시행 후 어느 정도까지 버스부문에 재정지원을 해야 하는지에 대한 원칙을 세워야 한다. 버스업체의

도덕적 해이방지를 위한 준공영제 제도의 개선이 필요하다.

이용시민에 대한 대응전략도 필요하다. 복지, 환경, 주거, 교통 등 이 시기에 지역시민들에게 필요한 공공 서비스 중에서 버스의 재정지원 수준에 대한 공감대형성이 필요하다. 이러한 공감대 없이 매년 증가하는 시내버스 준공영제 예산에 대해서 많고 적음을 따지면서, 길바닥에서 장시간 버스를 기다리는 시민들에 대한 버스노선 신설·증차를 머뭇거리는 것은 정답이 없는 버스노선정책이다. 도시전체의 시민편의의 합리적 시내버스 노선체계 방안에 대해 시 관리자의 확고한 의지가 필요하다. 인구규모로 보면 인천광역시 버스대수가 많지만, 도시면적으로 보면 버스공급대수는 많지 않다. 버스노선의 신설과 증차가 아직도 필요하다.

시 버스정책 입안 및 관리 조직내 버스노선체계에 대한 심도있는 이해를 갖는 전문인력이 없어 보강이 필요하다. 상시적인 노선민원에 200개 이상의 시내버스 노선체계의 복잡한 조합을 풀어가는 전문인력이 필요하다. 전문인력 없이 매일 반복되는 노선민원을 대응하는 것은 현실적으로 불가능하였다.

참고문헌

- 김대웅, 유영근, 이명미 (2000), 도시 버스교통평가지표의 개발과 통합화방법에 관한 연구, 대한국토계획학회지, 107, 93-104.
- 인천광역시 시내버스 수입금공동관리위원회 (2013), 교통여건변화에 따른 인천시내버스 노선체계개편 최종보고서.
- 한국도로용량편람 (2005).
- Tom V. M., Mohan S. (2003), Transit Route Network Design using Frequency Coded Genetic Algorithm, Journal of Transportation Engineering, 3(4), 186-195.