

■ 論 文 ■

이용자 속성을 고려한 버스서비스권역 결정모형의 개발

Determination of A Bus Service Coverage Area Reflecting Passenger Attributes

김 점 산

(서울대학교 공학연구소 객원연구원)

권 용 석

(전주대학교 도시공학과 교수)

목 차

I. 서론	시간의 분석
II. 기존연구검토	3. 이용자속성별 한계도보시간
1. 대중교통서비스의 평가요소	IV. 버스서비스권역 결정모형
2. 버스서비스권역	1. 모형 I-이용자 속성을 무시하는 경우
3. 버스서비스권역의 평가	2. 모형 II-이용자 연령을 고려하는 경우
4. 버스서비스권역의 평가과정-GIS의 활용	3. 모형 III-이용자 수입을 고려하는 경우
III. 버스서비스권역 조사분석	4. 예제
1. 자료	V. 결론
2. 버스정류장까지 도보시간과 한계도보	참고문헌

Key Words : 대중교통, 버스, 이용자 속성, 버스서비스권역, 한계도보시간

요 약

버스서비스권역의 결정은 버스서비스체계를 계획하는 단계에서 가장 우선적으로 고려되어야한다. 이용자의 출발지 또는 목적지에서 이용이 가능한 버스정류장이 있는가의 문제는 버스서비스 선택가능성에 결정적인 영향을 미치기 때문이다. 버스서비스 이용 자체가 불가능할 경우, 다른 서비스 질적 측면의 구성요소의 개선은 해당서비스를 선택하는데 전혀 영향을 주지 못한다. 따라서 버스서비스권역은 이용자의 출발지 또는 목적지로부터 합리적인 도보거리 또는 일정 도보시간으로 결정되어야한다. 계획단계에서 버스서비스권역을 좀더 현실적으로 결정하기 위해서는 이용자의 속성이 고려되어야한다. 따라서 본 연구에서는 1) 이용자 속성에 따른 한계도보시간의 차이를 조사 분석하고, 2) 이용자 속성을 고려한 버스서비스권역 결정모형을 유도하였다. 본 연구에서는 버스서비스권역 결정모형을 1) 이용자 속성을 무시하는 경우, 2) 이용자 연령을 고려하는 경우, 그리고 3) 이용자 수입을 고려하는 경우로 구분하여 유도하였으며, 이를 통해 어떤 지역에서 목표 비이용자수를 확보할 수 있는 버스정류장의 간격을 결정하기 위한 산정과정을 예제로 제시하였다. 본 연구에서 제시된 버스서비스권역 결정모형은 계획가가 어떤 지역의 버스서비스 계획단계 또는 개선단계에서 최적 버스정류장 간격을 채택하는데 활용될 수 있다.

The paper presented not only the difference of the marginal walking time by passenger, but also the derivation of the bus service determination model by passenger attributes. The marginal walking distance to bus stop is a basic parameter to estimate bus service coverage area in certain area. And the marginal walking distance could be transformed from the marginal walking time, which is the focus of this paper. The result of analysis revealed that the age and income of passenger are strongly related to the marginal walking time. In planning or regulating the spacing of bus routes or bus stops in certain area, the model suggested in this paper help for the planner to choose optimal alternative.

본 논문은 서울대학교 공학연구소의 지원에 의해 수행되었음.

I. 서론

대중교통서비스권역(Transit Service Coverage Area, 이하 SCA)은 해당 대중교통서비스가 제공되는 지역 범위를 의미하며, 버스서비스권역(Bus Service Coverage Area, 이하 BSCA)은 일반적으로 버스정류장에서 일정 도보거리 또는 일정 도보시간내의 지역으로 정의할 수 있다.

버스서비스권역의 결정은 버스서비스체계를 계획하는 단계에서 가장 우선적으로 고려되어야한다. 이용자의 출발지 또는 목적지에서 이용이 가능한 버스정류장이 있는가의 문제는 버스서비스 선택가능성에 결정적인 영향을 미치기 때문이다. 버스서비스 이용 자체가 불가능할 경우, 다른 서비스 질적 측면의 구성요소의 개선은 해당서비스를 선택하는데 전혀 영향을 주지 못한다. 따라서 버스서비스권역은 이용자의 출발지 또는 목적지로부터 합리적인 도보거리 또는 일정 도보시간으로 결정되어야한다.

현재까지 국내에서 버스서비스권역의 결정에 관한 구체적 연구는 없으며, 미국의 경우, Transit Capacity and Quality of Service Manual(이하 TCQSM, TCRP Report 100, 2003)에서 계획단계의 버스서비스권역의 결정을 위한 한계도보거리는 버스정류장으로부터 0.25mi(400m) 또는 버스노선측으로부터 0.5mi(800m) 공간거리(air distance)로 제시하고 있다. 또한 공간거리가 지리적 특징을 반영하지 못하는 한계를 극복하기 위하여 (1) 가로구조, (2) 경사도, (3) 65세 이상의 인구비율, (4) 횡단보도를 반영하기 위한 보정식을 제시하고 있다. Lazar N. Spasovic (1993, 1994) 등은 운영자와 사회적 복지측면에서 최적 대중교통서비스권역을 산정하는 방법을 제시한 바 있다.

그러나 이와 같은 기존 연구는 버스서비스권역의 결정에 있어서 주요한 인자라 할 수 있는 이용자들의 개별속성을 반영하지 못하고 있다. 버스서비스권역, 다시 말해 버스서비스 접근을 위한 한계도보거리(marginal working distance) 또는 한계도보시간(marginal working time)은 이용자 거주지역의 도시특성 및 규모, 성별, 나이, 직업, 월평균수입, 승용차 유무, 그리고 통행목적에 따라 달라질 수 있다.

본 연구의 목적은 이용자의 개별속성을 고려한 최적 버스서비스권역 결정모형의 개발에 있으며, 연구의 주요내용은 다음과 같다.

- 버스서비스권역의 개념 및 정의에 대한 기존 연구 검토
- 버스서비스권역의 조사를 통한 이용자속성별 한계도보시간의 분석
- 버스서비스권역 결정모형의 개발
- 결론 및 향후 연구과제 제시

II. 기존연구검토

1. 대중교통서비스의 평가요소

대중교통서비스의 서비스수준 측정자(measures)는 크게 (1) 제공여부(availability)와 (2) 안락함과 편리함(comfort and convenience)으로 분류할 수 있다. 제공여부에 관련된 측정자는 대중교통 서비스의 시간적 또는 공간적 범위와 관련되어 있다. 만약 대중교통서비스가 잠재적 이용자(potential user)로부터 아주 먼 거리에서만 제공되거나 이용자가 원하는 시간대에 제공되지 않는다면, 해당 대중교통 서비스 수준은 다른 측정자와 관계없이 낮게 평가될 것이다. 안락함과 편리함에 관련된 측정자는 이용자의 경험에 의한 서비스의 질적 수준에 의해 평가될 수 있으며, 대중교통서비스의 종류에 따라 각기 다른 측정자가 사용될 수 있다.

<표 1> 대중교통서비스의 서비스수준 측정자

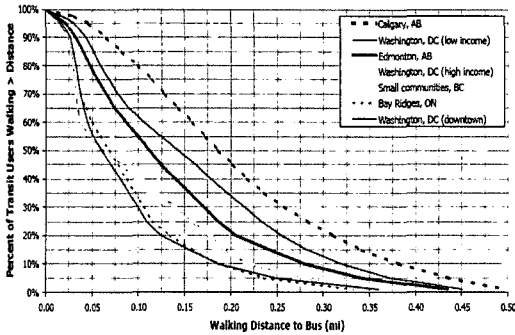
	정류장	노선	교통체계
제공여부	서비스빈도	서비스시간	서비스권역
안락감과 편리함	혼잡도	신뢰성	통행시간

자료 : Transit Capacity and Quality of Service Manual, page 3-3

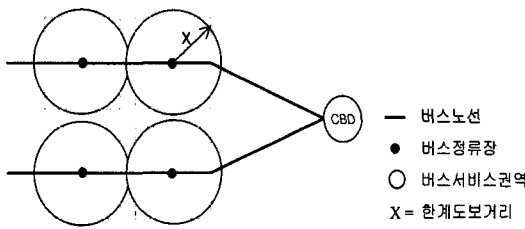
2. 버스서비스권역

버스서비스권역은 일반적으로 버스정류장에서 일정 도보거리 또는 일정 도보시간내의 지역으로 정의할 수 있다. 버스서비스권역 자체만으로는 버스서비스 제공여부를 완전히 결정하는 것은 아니지만, 서비스 빈도, 서비스 시간과 같은 다른 서비스 제공여부와 관련된 측정자와 결합하여 잠재적 이용자가 어떤 지역에서 버스서비스에 접근할 수 있는 기회수준(the number of opportunities)을 결정한다.

이용자의 버스서비스 이용을 위한 최대도보거리(한계도보거리)는 도보환경(지역여건)과 이용자의 속성에



〈그림 1〉 정류장까지 도보거리별 대중교통이용자의 수용비율
 자료 : Transit Capacity and Quality of Service Manual, page 3-10



〈그림 2〉 버스서비스권역의 개념

따라 달라질 수 있다. 〈그림 1〉은 미국의 버스이용자의 도시별, 수입별 버스정류장까지 도보거리에 관한 선행 연구결과를 종합한 것이다. 여기서 버스정류장까지 도보거리는 도시별, 이용자 수입별로 상당한 차이가 있다. 그리고 이용자의 대략 75-80%가 버스정류장까지 400M 또는 이내의 도보거리를 수용하는 것으로 조사되었다. 평균도보속도를 5km/h로 가정하면, 5분 또는 이내의 도보시간을 수용하는 것으로 볼 수 있다.

미국의 경우 현재 버스서비스권역은 버스정류장으로부터 400m 또는 버스노선측으로부터 800m 공간거리 (air distance) 이내의 지역으로 제한되고 있다 (TCQSM).

3. 버스서비스권역의 평가

버스서비스권역의 평가를 위한 측정자료는 일반적으로 (1) 대지면적 당 노선의 길이(route kilometers per square kilometers)와 (2) 버스서비스가 필요한 지역에 대한 서비스 제공범위(the percentage of the system area served)가 사용된다. 대지면적 당 노선의 길이는 산정하기 쉽다는 장점이 있지만, 버스서비스가 주요 통행발생지역에 얼마나 잘 대응하고 있는지 또

〈표 2〉 대중교통서비스권역의 서비스수준

LOS	%TSA	설명
A	90-100%	고밀도 지역의 전체에 제공
B	80-89%	고밀도 지역의 대부분에 제공
C	70-79%	고밀도 지역의 대략 3/4에 제공
D	60-69%	고밀도 지역의 대략 2/3에 제공
E	50-59%	고밀도 지역의 최소 1/2에 제공
F	<50%	고밀도 지역의 1/2 이하에 제공

는 어떤 지역 전체에 균형적으로 제공되고 있는지 파악 하는데 한계가 있다.

버스서비스가 필요한 지역에 대한 서비스 범위는 토지이용, 인구, 그리고 직장밀도가 일정기준이상 높은 지역을 서비스요구지역(이하 TSA, Transit-Support Area)으로 구분하여 해당지역에 버스서비스가 어느 정도 대응하고 있는가를 판단하는데 유용하다. Pushkarev 와 Zupan(1977)은 가구밀도 에이커(acre)당 4.5가구를 서비스요구지역(TSA)의 최소 주거밀도(residential density)로 제시하였다. 미국 TriMet 중장기 교통서비스계획안(TriMet long-range service planning study, 1997)은 에이커당 대략 4개 직장을 서비스요구지역(TSA)의 최소 직장밀도로 제시하였다.

대중교통서비스권역의 서비스수준은 일반적으로 서비스요구지역(TSA)에 대한 서비스제공비율로 산정되며 구체적 평가기준은 〈표 2〉와 같다(TCSQM).

4. 버스서비스권역의 평가과정-GIS의 활용

대중교통서비스권역 측정자는 공간규모(area-wide)로 측정되기 때문에 다른 측정자와 비교하여 서비스수준을 선정하는데 많은 시간과 노력이 필요하다. 그러나 최근의 지리정보시스템(이하 GIS, Geographic Information System)의 발전은 이와 같은 과정을 손쉽게 수행할 수 있는 방법을 제공하고 있으며 그 구체적 수행사례(TriMet, Portland)는 다음과 같다.

1단계: 자료입력

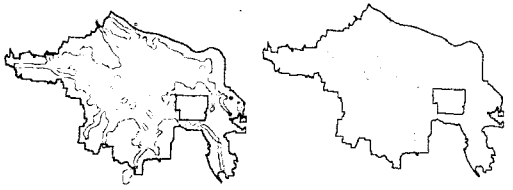
- 정류장위치 정보입력
- 교통분석존(이하 TAZ, Transportation analysis zone) 정보입력(가구, 직장, 교통존 경계)

2단계: 서비스권역(SCA)의 결정

- 버스정류장으로부터 일정도보거리(한계도보거리) 반경내의 지역을 결정

3단계: 서비스요구지역(TSA)의 결정

- 버스서비스가 필요한 지역을 인구, 그리고 직장밀도를 기준으로 결정

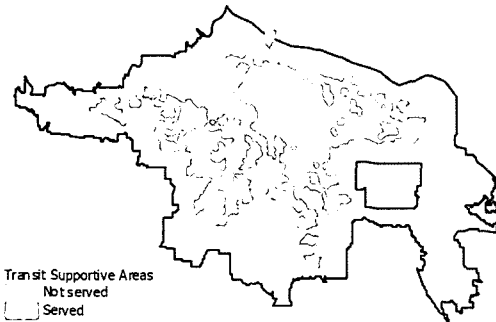


(a) District Boundary and Areas Served (b) District Boundary and Transit-Supportive Areas

<그림 3> 서비스권역과 서비스요구지역의 결정결과

4단계: 서비스수준(LOS) 산정

- 서비스요구지역 (TSA)에 대한 서비스권역(SCA)의 비율산정



Transit Supportive Areas
Not served
Served

<그림 4> 서비스권역과 서비스요구지역의 비교결과

<표 3> 서비스수준 산정결과

Analysis Area	Area (mi ²)	Households	Jobs	% Area Served	LOS
TriMet District	563.8	458,076	786,713		
Coverage Area	243.1	345,260	664,684		
Transit-Supportive Area	132.9	273,341	639,375		
TSA Served	114.4	244,587	588,072	86.1%	B

III. 버스서비스권역 조사분석

1. 자료

본 연구에서는 이용자의 개별속성을 반영한 버스서비스권역의 추정을 위하여 경기도 산하 21개 시/군을 대상으로 버스이용자의 인적속성, 버스정류장까지 도보

시간, 그리고 한계도보시간을 설문지법으로 조사하여 분석하였으며, 그 구체적인 조사대상, 내용, 그리고 방법은 다음과 같다.

- 조사대상: 경기도 산하 21개 시/군에 거주하는 15세 이상 성인, 주 1회 이상 버스이용자
- 조사일시: 2004년 10월 1일 - 10월 15일(2주간)

<표 4> 도시유형별 조사도시

구분	도시	
일 반 시	대도시	수원시, 성남시, 안양시, 부천시, 안산시 고양시 (인구 50만이상)
	중소도 시	의정부, 광명시, 동두천, 구리시, 군포시 의왕시 (인구 50만이하)
도농복합시	남양주, 파주시, 이천시, 김포시, 광주시 양주시, 포천시	
군지역	여주군, 연천군	

<표 5> 자료의 통계특성

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
성별	37%	63%								
나이	9%	17%	33%	30%	6%	5%				
직업	30%	4%	19%	3%	13%	29%	2%			
수입	34%	27%	24%	10%	2%	2%				
차량	51%	49%								
빈도	33%	23%	16%	5%	5%	14%	5%			
유형	76%	14%	8%	2%						
시간	38%	62%								
목적	23%	9%	11%	6%	6%	37%	8%			
방법	86%	2%	2%	4%	5%					
만족	3%	5%	10%	8%	38%	20%	9%	6%	0%	0%
로열	10%	47%	13%	5%	24%					

범례: 성별 1. 남자 2. 여자

나이 1. 15-19세 2. 20-29세 3. 30-39세 4. 40-49세 5. 50-59세 6. 60세 이상

직업 1. 정규직 2. 비정규직 3. 자영업 4. 무직 5. 학생 6. 전업주부 7. 퇴직

수입 1. 100만원 미만 2. 100-200만원 3. 200-300만원 4. 300-400만원 5. 400-500만원 6. 500만원 이상

차량 1. 있다 2. 없다

빈도 1. 1일 2. 2일 3. 3일 4. 4일 5. 5일 6. 6일 7. 7일

유형 1. 일반버스 2. 일반좌석 3. 직행좌석(광역버스) 4. 농어촌버스

시간 1. 혼잡시간대 2. 비혼잡시간대

목적 1. 출퇴근 2. 등하교 3. 쇼핑 4. 여가활동 5. 친구 및 친지 방문 6. 개인업무 7. 기타

방법 1. 도보 2. 자전거 3. 다른 사람의 차량 4. 승용차 5. 기타

만족 1. 매우불만족 5. 보통 10. 매우만족

로열 1. 확실히 이용할 것이다 2. 아마도 이용할 것이다

3. 아마도 이용하지 않을 것이다

4. 확실히 이용하지 않을 것이다 5. 잘모르겠다

- 조사내용: 인적사항, 버스정류장까지 도보시간, 그리고 한계도보시간

- 조사방법: 설문지법(인터넷을 통한 조사를 병행하여 실시)

총 수집 자료수(표본수)는 831개, 남자 306명(37%), 여자 525명(63%)로 구성되었으며, 자료의 구체적 통계특성은 다음과 같다.

2. 버스정류장까지 도보시간과 한계도보시간의 분석

버스서비스권역 결정의 기준이 되는 한계도보거리의 결정을 위해서 경기도 버스이용자의 버스정류장까지 현재도보시간을 조사하였다. 여기서 한계도보시간은 “현재 정류장까지 도보시간에 몇 분이 추가되었을 경우 다른 대안(통행포기, 택시이용 등)을 선택하겠는가?”를 질의하여 조사되었다.

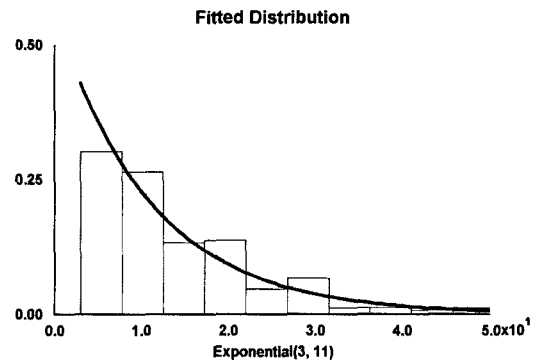
경기도 전체 버스이용자의 버스정류장까지 현재도보시간은 평균 8분, 최소 2분, 그리고 최대 50분으로 조사되었으며, 기존연구와 같이 도보시간이 증가함에 따른 버스이용자수는 지수분포(exponential distribution)를 따르면서 현저히 감소하는 것으로 분석되었다.

본 연구의 조사대상 인 경기도 산하 21개 시/군을 도시규모와 유형별로 대도시(인구 50만이상), 중소도시(인구 50만이하), 도농복합시, 그리고 군지역으로 분류하였을 경우, 현재도보시간의 평균값은 대도시 9분과 군지역 9분으로 다른 도시유형에 비해 다소 길게 조사되었다.

이와 같은 이유는 대도시지역에 버스서비스 밀도가 높음에도 불구하고 버스서비스를 적극적으로 이용하는 집단의 규모가 크기 때문으로 판단되며, 반면 군지역의 버스서비스 밀도가 낮고 버스서비스를 적극적으로 이용

〈표 6〉 도시유형별 이용자의 현재도보시간 분석결과

	전체	대도시	중소도시	도농복합시	군지역
표본수	829	452	224	147	6
최소값	2	2	1	2	5
최대값	50	40	45	50	20
평균값	8	9	6	8	9



〈그림 6〉 버스정류장까지 한계도보시간별 버스이용자의 비율

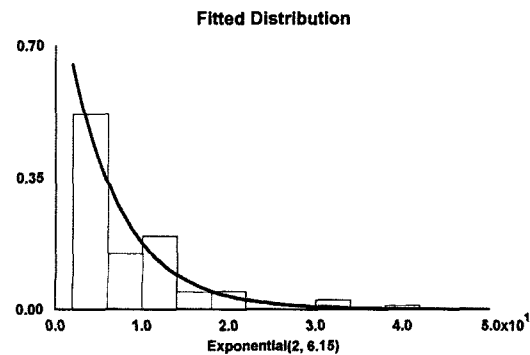
하는 집단의 규모가 작기 때문이라 판단된다. 도시유형별 버스이용자의 현재도보시간 분석의 구체적 결과는 〈표 6〉과 같다.

경기도 전체 버스이용자의 버스정류장까지 한계도보시간 또한 현재도보시간과 같이 도보시간이 증가함에 따른 버스이용자수는 지수분포를 따르면서 현저히 감소하는 것으로 분석되었다.

3. 이용자속성별 한계도보시간

본 연구에서는 이용자의 한계도보시간에 영향을 미칠 수 있는 결정인자를 이용자 거주지역의 도시특성 및 규모, 성별, 연령, 직업, 월평균수입, 승용차 유무, 버스이용빈도, 이용버스유형, 통행목적, 그리고 로열티(Royalty)로 한정하였다.

이용자 속성별 전체 버스이용자 중 한계도보시간내의 이용자 비율, 또는 해당 한계도보시간이 수용 가능한 이용자 비율의 차이는 짧은 시간에서는 잘 나타나지 않지만 시간이 길어질수록 명확한 차이를 보였다. 본 연구에서는 전체 버스이용자의 10%, 20%, 그리고 30%가 수용하는 한계도보시간을 관찰범위로 선정하여 이용자 속성별 한계도보시간의 차이를 분석하였으며, 그 구체적 내용은 다음과 같다.



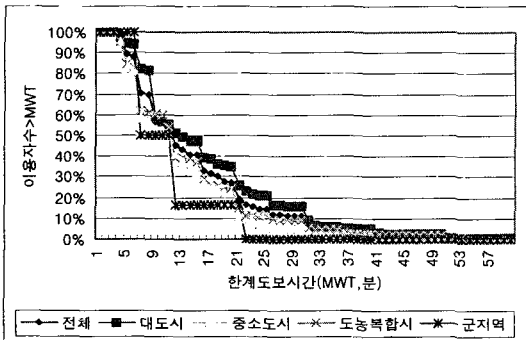
〈그림 5〉 버스정류장까지 현재도보시간별 버스이용자의 비율

도시유형별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계분석 결과, 전체 버스이용자의 30%를 수용할 수 있는 기준으로 한계도보시간은 대도시 20분, 중소도시 15분, 도농복합시 15분, 그리고 군지역 12분으로 도시화 수준과 도시규모가 클수록 길어지는 것으로 분석되었다.

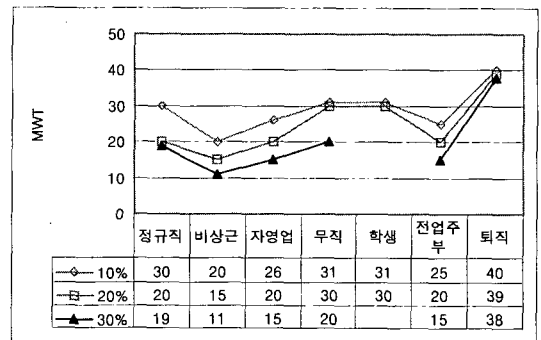
성별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계 분석 결과, 30%수용기준으로 한계도보시간은 남자 20분, 여

자 15분으로 남자가 여자보다 긴 것으로 분석되었다. 이와 같은 이유는 남자와 여자의 신체적 조건뿐만 아니라 남자가 여자에 비해 버스서비스를 적극적으로 이용하려는 경향이 높기 때문인 것으로 판단된다.

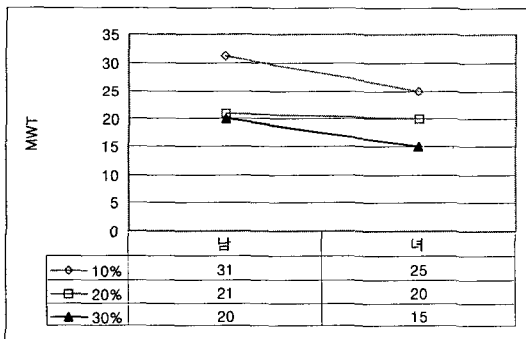
연령별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계 분석 결과, 30%수용기준으로 한계도보시간은 15-19세 20분, 20-29세 22분, 30-39세 15분, 40-49세 13분,



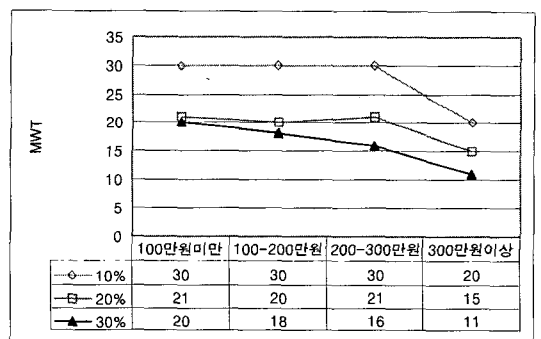
〈그림 7〉 도시유형별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계



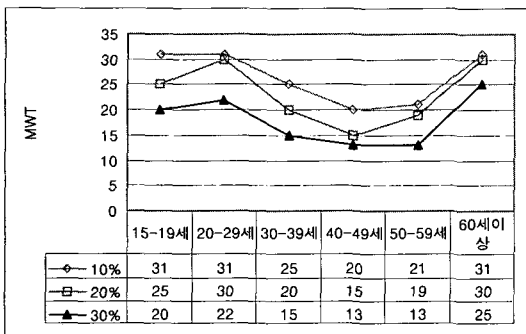
〈그림 10〉 직업별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계(10%, 20%, 30%)



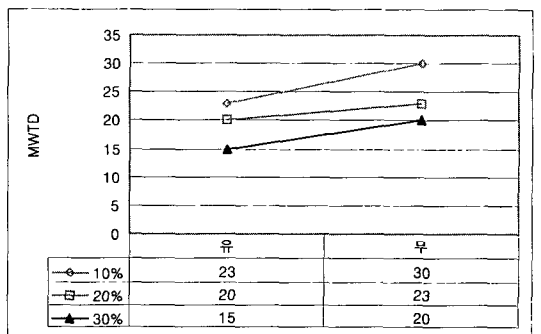
〈그림 8〉 성별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계(10%, 20%, 30%)



〈그림 11〉 월평균수입별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계(10%, 20%, 30%)



〈그림 9〉 연령별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계(10%, 20%, 30%)



〈그림 12〉 승용차보유 여부에 따른 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계(10%, 20%, 30%)

50-59세 13분, 그리고 60세이상 25분으로 대략 연령대가 증가함에 따라 짧아지는 것으로 분석되었다. 단, 60세 이상의 경우, 이전 연령대의 한계도보시간의 감소경향과 반대의 결과로 분석되었다.

직업별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계 분석 결과, 30%수용기준으로 한계도보시간은 정규직 19분, 비정규직 11분, 자영업 15분, 무직 20분, 학생 30분(20%수용기준), 전업주부 15분, 그리고 퇴직 38분으로 경제력이 상대적으로 낮은 무직자, 퇴직자, 그리고 학생의 시간이 긴 것으로 분석되었다.

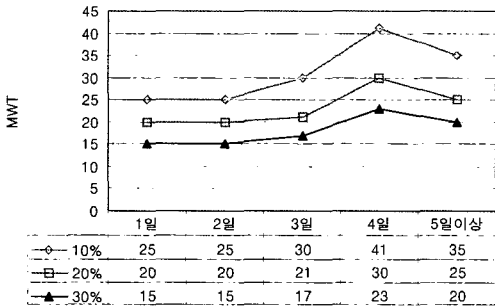
월평균수입별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계 분석 결과, 30%수용기준으로 한계도보시간은 월수입 100만원 미만 20분, 100-200만원 18분 200만원-300만원 16분, 그리고 300만원이상 11분으로 수입이 높을수록 한계도보시간이 짧아지는 것으로 분석되었다. 이와 같은 이유는 수입이 높을수록 승용차, 택시 등 다른 수단을 이용하는 경향이 높기 때문인 것으로 판단된다.

승용차보유 여부에 따른 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계 분석 결과, 30%수용기준으로 한계도보시간은 보유의 경우 15분, 미보유의 경우 20분으로 승용차가 있는 경우가 버스이용에 더욱 소극적인 것으로 분석되었다.

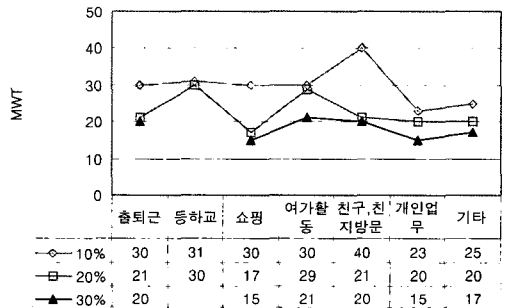
버스 이용 빈도별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계 분석 결과, 30%수용기준으로 1일 15분, 2일 15분, 3일 17분, 4일 23분, 5일이상 20분으로 빈도가 증가함에 따라 버스이용에 더욱 적극적인 것으로 분석되었다.

버스유형별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계 분석 결과, 30%수용기준으로 일반버스 18분, 일반좌석 11분, 직행좌석(광역버스) 16분, 농어촌버스 19분으로 분석되었다.

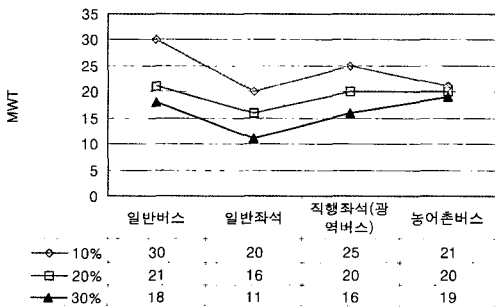
통행목적별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계 분석 결과, 30%수용기준으로 출퇴근 20분, 등학교 30분(20%수용기준), 쇼핑 15분, 여가활동 21분, 친구, 친지방문 20분, 개인업무 15분, 기타 17분으로 상



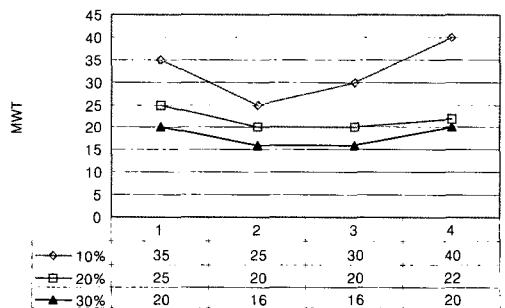
〈그림 13〉 이용일수별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계 (10%, 20%, 30%)



〈그림 15〉 통행목적별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계 (10%, 20%, 30%)



〈그림 14〉 버스유형별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계 (10%, 20%, 30%)



〈그림 16〉 로열터별 한계도보시간과 이용자 수용비율 관계 (10%, 20%, 30%)

대적으로 시간적 여유가 있는 여가활동과 친구, 친지방문이 다른 통행목적에 비해 상대적으로 긴 것으로 분석되었다.

로열티별 한계도보시간과 이용자 수용비용 관계 분석 결과, 30%수용기준으로 1. 확실히 이용할 것이다 20분, 2. 아마도 이용할 것이다 16분, 3. 아마도이용하지 않을 것이다 16분 4. 확실히 이용하지 않을 것이다 20분으로 분석되었다.

이와 같은 이유는 일반적으로 로열티가 높을수록 버스이용에 적극적이기 때문에 시간이 길어질 것으로 기대하나, 정류장까지의 현재도보시간이 길면 로열티가 낮아지는 경향과 상충하여 한계도보시간과 이용자 수용비용 관계가 U자형으로 분석되었다.

IV. 버스서비스권역 결정모형

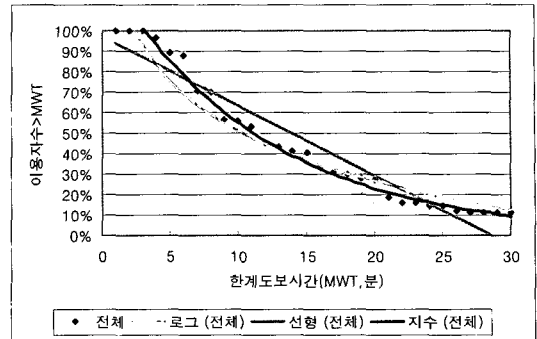
본 연구에서는 전철의 버스서비스권역 조사 분석 결과를 기초하여 이용자 속성을 고려한 버스서비스권역 결정모형을 개발하였다. 본 연구에서는 버스서비스권역 결정에 영향을 미치는 이용자 속성을 1) 연령별, 2) 수입별로 한정하였다. 여기서, 설명변수로 연령과 월평균수입으로 선정한 이유는 한계도보시간과 상관관계가 높고 속성별 한계도보시간에 따른 이용자 수용비용의 명확한 차이를 확인할 수 있었기 때문이다.

1. 모형 I -이용자 속성을 무시하는 경우

전체 수집된 자료를 버스이용자의 개별 속성을 고려하지 않고, 한계도보시간(x, 분)과 이용자수용비용(y, %) 관계를 직선식, 로그식, 그리고 지수식을 기본식으로 추정한 결과, 지수식을 기본식으로 한 관계모형의 결정계수(R²)가 0.9846으로 가장 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다. 여기서 모형의 현실성을 부여하기 위하여 한계도보시간 30분 이상에 해당하는 자료는 제외하였다.

〈표 7〉 모형 I -한계도보시간(x, 분)과 이용자수용비용(y, %)관계

구분	모형식	결정계수 (R ²)
직선식	$y = -0.0341x + 0.9741$	0.9266
로그식	$y = -0.351\ln(x) + 1.3192$	0.9165
지수식	$y = 1.3189\exp(-0.0872x)$	0.9846



〈그림 17〉 모형 I -한계도보시간(x, 분)과 이용자수용비용(y, %)관계

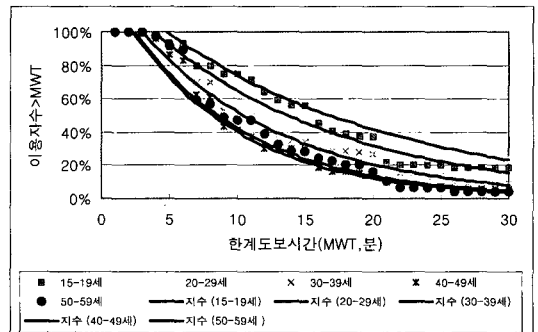
2. 모형 II -이용자 연령을 고려하는 경우

연령별 한계도보시간(x, 분)과 이용자수용비용(y, %)관계식은 모형 I에서 채택한 지수식을 기본식으로 하되 절편을 모형 I의 1.3189로 고정하고 추정하였다. 연령별 관계식 추정결과는 〈표 8〉과 같으며, 모든 연령대의 관계식이 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

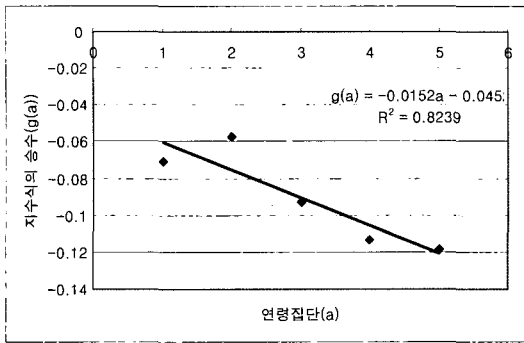
추정된 지수형태의 연령별 한계도보시간과 이용자수용비용 관계식의 승수는 연령집단(a)과 높은 상관관계가 있는 것으로 분석되었다.

〈표 8〉 모형 II-연령별 한계도보시간(x, 분)과 이용자수용비용(y, %)관계

구분	모형식	결정계수 (R ²)
1	15-19세 $y = 1.3189\exp(-0.0709x)$	0.9499
2	20-29세 $y = 1.3189\exp(-0.0578x)$	0.9231
3	30-39세 $y = 1.3189\exp(-0.0926x)$	0.9829
4	40-49세 $y = 1.3189\exp(-0.1135x)$	0.9796
5	50세이상 $y = 1.3189\exp(-0.1189x)$	0.9603



〈그림 18〉 모형 II-연령별 한계도보시간(x, 분)과 이용자수용비용(y, %)관계



〈그림 19〉 연령집단(a)과 모형 II 지수식 승수(g(a))와의 관계

연령별 한계도보시간과 이용자수용비율 관계모형은 연령집단(a)과 지수식 승수(g(a))의 관계모형식 적용을 통하여 다음과 같은 단일모형식으로 통합될 수 있다.

$$f(x) = 1.3189e^{g(a)x}$$

$$g(a) = -0.0152a - 0.0452, a = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$x \leq 30$$

3. 모형III-이용자 수입을 고려하는 경우

월평균수입별 한계도보시간(x, 분)과 이용자수용비율(y, %)관계식 또한 모형 I에서 채택한 지수식을 기본식으로 하되 절편을 모형 I의 1.3189로 고정하고 추정하였다. 연령별 관계식 추정결과는 〈표 9〉와 같으며, 모든 연령대의 관계식이 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

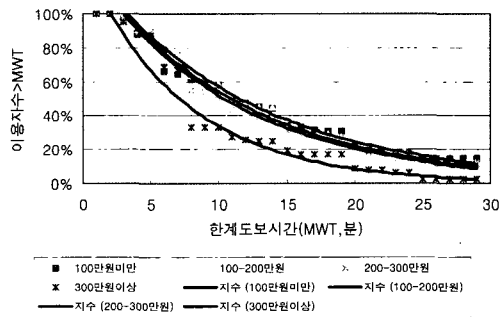
추정된 지수형태의 수입별 한계도보시간과 이용자수용비율 관계식의 승수는 수입집단과 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 수입집단(i)과 지수식 승수와의 관계를 직선식을 기본식으로 추정한 결과, 결정계수(R²)가 0.6784로 모형II의 연령집단(a)과 지수식 승수의 직선식에 비해 통계적 유의수준이 낮은 것으로 분석되었다. 이와 같은 이유는 월평균수입이 높은 집단의 표본수가 상대적으로 작기 때문으로 판단되며, 이후 추가적인 조사 분석을 통해 보완할 수 있을 것으로 예상된다.

수입별 한계도보시간과 이용자수용비율 관계모형은 수입집단(i)과 지수식 승수(h(i))의 관계모형식 적용을 통하여 다음과 같은 단일모형식으로 통합될 수 있다.

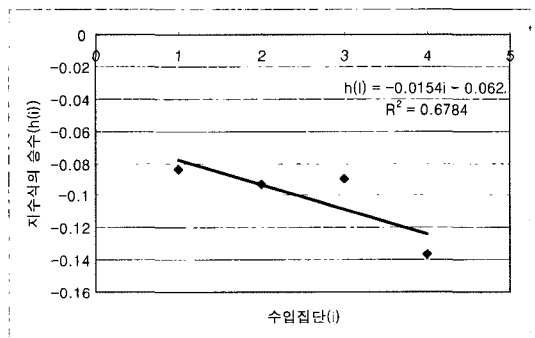
$$f(x) = 1.3189e^{h(i)x}$$

〈표 9〉 모형III-수입별 한계도보시간(x, 분)과 이용자수용비율(y, %)관계

구분	모형식	결정계수 (R ²)
1	100만원 미만 $y = 1.3189\exp(-0.0838x)$	0.9780
2	100-200만원 $y = 1.3189\exp(-0.0931x)$	0.9659
3	200-300만원 $y = 1.3189\exp(-0.0893x)$	0.9803
4	300만원 이상 $y = 1.3189\exp(-0.1364x)$	0.9530



〈그림 20〉 모형III-수입별 한계도보시간(x, 분)과 이용자수용비율(y, %)관계



〈그림 21〉 수입집단(i)과 모형III 지수식 승수(h(i))와의 관계

$$h(i) = -0.0154i - 0.0622, i = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$x \leq 30$$

본 연구에서 제시된 모형을 비교하면, 모형 I(이용자 속성을 무시하는 경우)은 분석지역 거주자 속성변화에 대응할 수 없을 뿐만 아니라 본 연구의 조사지역 외의 지역에 적용하기에는 무리가 있는 반면, 모형II(이용자 연령을 고려하는 경우)와 모형III(이용자 수입을 고려하는 경우)은 분석지역 거주자의 속성변화에 대응할 수 있을 뿐만 아니라 거주자의 연령, 수입 등의 특성이 다른 지역에도 적용할 수 있을 것이라 판단된다.

모형Ⅱ와 모형Ⅲ을 비교하는 경우, 모형Ⅱ의 경우 설명 변수인 이용자 연령자료를 통계연보를 통해 손쉽게 수집할 수 있는 반면, 모형Ⅲ의 경우 설명변수인 이용자 수입 자료를 분석지역의 거주자에 대한 설문조사 등의 방법으로 자료구축이 필요하다.

4. 예제

본 절에서는 어떤 지역에서 목표 버스이용자수를 확보할 수 있는 버스정류장의 간격을 결정하기 위한 산정 과정을 예제로 제시하였다.

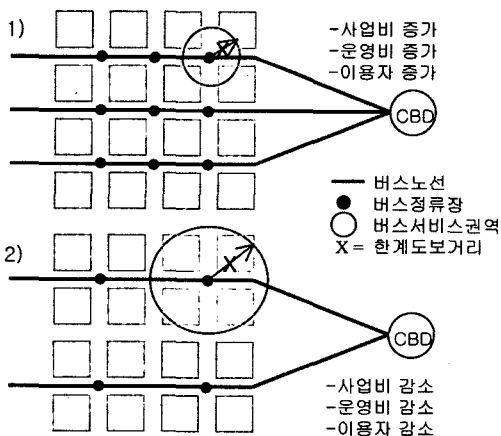
계획단계에서 버스정류장의 간격과 버스노선간의 간격을 결정하는 것은 가장 우선적으로 고려되어야한다. <그림 22>의 사례1은 사례2와 비교하여 버스정류장의 간격과 버스노선간의 간격이 짧은 경우로 사업비와 운영비가 증가하는 반면 이용객수의 증가를 기대할 수 있다. 기존에 이와 같은 경우 계획가는 각 사례별로 사업비와 운영비는 추정할 수 있으나, 이용객수를 예측할 수는 없었다.

본 연구에서 제안한 모형은 계획가가 각 사례별로 이용객수를 예측할 수 있는 방법론을 제공한다. 어떤 지역의 대안 정류장 간격(L)에서 기대할 수 있는 버스서비스 이용객수(P)는 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$P(x) = 1.3189e^{g(a)x_s(a)}$$

$$g(a) = -0.0152a - 0.0452, \quad a = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$x \leq 30$$



<그림 22> 예제(사례1과 사례2의 비교)

- 여기서 $P(x)$: 버스이용객수
 x : 한계도보시간, $(L/PS)/2$
 L : 버스정류장 간격
 PS : 평균도보속도
 a : 연령집단
 $s(a)$: a집단의 잠재적 버스이용객수

V. 결론

버스서비스권역의 결정은 버스서비스체계를 계획하는 단계에서 가장 우선적으로 고려되어야한다. 이용자의 출발지 또는 목적지에서 이용이 가능한 버스정류장이 있는가의 문제는 버스서비스 선택가능성에 결정적인 영향을 미치기 때문이다.

본 연구에서는 계획단계에서 버스서비스권역을 좀더 현실적으로 결정하기 할 수 있도록 1) 이용자 속성에 따른 한계도보시간의 차이를 조사 분석하고, 2) 이용자 속성을 고려한 버스서비스권역 결정모형을 유도하였다.

본 연구에서는 버스서비스권역 결정모형을 1) 이용자 속성을 무시하는 경우, 2) 이용자 연령을 고려하는 경우, 그리고 3) 이용자 수입을 고려하는 경우로 구분하여 유도하였으며, 이를 통해 어떤 지역에서 목표 버스이용자수를 확보할 수 있는 버스정류장의 간격을 결정하기 위한 산정과정을 예제로 제시하였다.

본 연구에서 제시된 버스서비스권역 결정모형은 계획가가 어떤 지역의 버스서비스 계획단계 또는 개선단계에서 최적 버스정류장 간격을 채택하는데 활용될 수 있으며 구체적으로 1) 지방 대중교통기본계획의 노선 개편, 2) 택지개발사업 등 개발예정지역의 버스노선 및 정류장 설치 계획, 3) 버스서비스 제공수준 평가 등에 활용될 수 있다.

참고문헌

- Lazar N. Spasovic, Maria P. Boile, and Athanassios K. Bladikas(1994), "Bus Transit Service Coverage for Maximum Probit and Social Welfare", Transportation Research Record 1451.
- Lazar N. Spasovic and Paul M. Schonfeld(1993), "Method for Optimizing Transit Service Coverage", Transportation Research Record 1402.

3. Nelson\Nygaard Consulting Associates(1997), "Tri-Met Transit Network Phase II Report", Portland, PA
4. Pushkarev, Boris and Jeffrey M. Zupan(1977), "Public Transportation and Land Use Policy", Indiana University Press, Bloomington, IN.
5. Transportation Research Board(2003), "Transit Capacity and Quality of Service", TCRP Report 100, Washington, DC.
6. Transportation Research Board(1999), "A Handbook for Measuring Customer Satisfaction and Service Quality", National Academy Press, Washington, DC.

♣ 주 작 성 자 : 김점산

♣ 논문투고일 : 2005. 4. 14

논문심사일 : 2005. 5. 13 (1차)

2005. 5. 18 (2차)

심사판정일 : 2005. 5. 18

♣ 반론접수기한 : 2005. 10. 30