

지역간 형평성을 고려한 Zone 기반의 버스노선 평가모형 개발 - 서울특별시 간선버스의 Zone별 분포도를 중심으로

박범진* · 강원의** · 노창균*** · 김지수****

Park, Bumjin* · Kang, Weon Eui** · Roh, Chang-gyun*** · Kim, Jisoo****

Bus Route Evaluation Model based on Zone Considering Interregional -By Zone Distribution of Seoul Trunk Bus

ABSTRACT

It is necessary to evaluate methods for reasonable diagnosis for public transportation. However, previous studies have the problems in evaluation ground and propriety. Therefore, this research develop the method and equation for evaluating bus route considering interregional equity and route doubleness. This study developed in bus route evaluation method using Seoul bus Zone, and included the result of evaluation test using 199 route Seoul trunk bus (blue bus). Zone ①(Jongno-gu, Jung-gu and Yongsan-gu) has the highest score in Evaluation result. Also this zone has good bus route, so it is easy to move to other Zone. It is possible to change and add the bus route to use the equation in this study, considering interregional equity.

Key words : Bus route, Evaluation model, Interregional equity, Public transportation zone, Trunk bus (Blue Bus)

초록

버스교통문제의 계량화와 개선을 위한 목표치 등을 설정하기 위해서는 합리적인 평가지표의 설정 및 평가방안이 수립되어야 한다. 그러나 일부 평가의 경우 평가근거가 모호하거나, 평가지표의 적절성에 대한 검토가 필요한 항목이 있으며, 이러한 평가지표 및 방안에 대한 개선이 필요하다. 이러한 문제점 중 버스노선 평가측면의 기존 모형의 한계를 극복하기 위해 지역간 형평성을 고려한 버스노선 분포도 평가모형을 개발하였으며, 이는 버스노선의 형평성 및 중복성을 함께 평가할 수 있는 개념을 포함하고 있다. 또한 기존 버스노선의 중복도 평가방안에서 발생한 평가기준의 모호함을 해결하고자 Zone기반(대중교통 권역)의 평가방안을 수립하였다. 본 연구에서는 서울특별시 버스권역을 기준으로 한 Zone단위 평가방안을 예로 제시하였으며, 개발된 평가방안에 의하여 서울특별시 간선버스 199개 노선을 기준으로 한 평가를 시행하였다. 시행결과 종로구, 중구 및 용산구를 권역으로 하는 Zone ①의 버스노선의 평가결과가 가장 높았으며, 타 지역으로의 이동 또한 용이하도록 노선이 설계되어 있음을 알 수 있었다. 본 연구의 결과를 이용하여 기존 노선의 분포를 고려하여 지역적 형평성을 향상시킬 수 있는 버스노선의 개편 및 추가가 가능할 것으로 판단된다.

검색어 : 버스노선, 평가모형, 지역간 형평성, 대중교통 권역, 간선버스

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 (park_bumjin@kict.re.kr)

** 정회원 · 교신저자 · 한국건설기술연구원 선임연구원 (Corresponding Author · Korea Institute of Construction Technology · yikang@kict.re.kr)

*** 연세대학교 전문연구원 (rev1981@yonsei.ac.kr)

**** 한국건설기술연구원 연구원 (js.kim0331@kict.re.kr)

Received April 9, 2012/ revised May 27, 2013/ accepted May 28, 2013

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

버스교통의 문제점을 개선하고, 효율적인 정책수립 및 버스의 운영을 위하여 개별 버스노선이나 한 도시의 버스교통 전체에 대한 서비스수준을 파악할 수 있는 기준이 필요하다. 또한 버스교통 문제의 계량화와 개선을 위한 목표치 등을 설정하기 위해서도 합리적인 평가지표의 설정 및 평가방안이 수립되어야 한다. 현재 대중교통시책평가에 의하여 전국적으로 버스를 포함한 대중교통 전반적인 평가를 시행하고 있다. 서울특별시에서는 버스체계개편에 따른 사업 전후의 버스서비스 변화의 계량화 및 평가, 평가결과에 따른 사업반영을 위한 버스서비스 평가 시스템 구축을 위하여 서울시 버스체계개편에 따른 모니터링 연구 등을 수행하였다. 또한 지속적인 연구를 통하여 국외의 대중교통 평가지표 등을 검토하여 국내 여건에 맞도록 계량화 또는 개선하여 적용하는 방안을 제시하고 있으며 이러한 평가지표 및 평가방안에 의하여 버스를 포함한 대중교통 서비스 및 수준을 진단하고 평가하고 있다.

그러나 일부 평가의 경우 평가근거가 모호하거나, 평가지표의 적절성에 대한 검토가 필요한 항목이 있으며 이러한 평가지표 및 방안에 대한 개선이 필요하다. 평가지표는 평가목적과 정량적 평가방법을 명확히 정의하여야 하며, 가급적 적용이 단순하고 계량화 할 수 있어야 한다. 또한 국내 대부분의 버스노선 및 대중교통서비스 평가의 연구가 버스서비스 모니터링 평가에 한정되어있는 반면 국외 연구의 경우 버스노선 혹은 서비스 평가를 위해 여러 측면에서 다양한 평가지표를 구성하고, 평가지표에 대하여 정량적 평가가 가능하도록 정의하여 합리적으로 균형 잡힌 평가가 가능하도록 구성되어 있다. 이러한 측면에서 국내에서 적용하고 있는 버스서비스 평가항목을 검토하였으며, 실제 대중교통서비스 평가에 적용이 어렵고 개념이 모호한 버스노선의 중복도 부분에 있어 개선이 필요하다고 판단된다.

버스노선의 중복도 평가의 경우 버스노선이 특정지역 또는 구간에 분포되는 정도를 나타내는 지표로 현재 각 노선별로 산출한 노선의 중복도 값의 평균을 이용하여 전체 버스노선의 중복도로 활용하고 있다. 그러나 버스노선의 중복도 평가를 위하여 버스노선이 중복되는 노선구간의 길이의 기준이 명확하지 않으며 이로 인하여 동일한 두 노선간의 중복도를 평가할 경우 평가자에 따라 중복구간의 길이가 다르게 측정될 수 있으며, 이에 따라 동일한 항목 및 동일한 데이터를 이용하여 평가한 지표의 평가결과가 서로 상이할 수 있다.

기존의 버스노선의 중복도 평가는 버스노선의 형평성 평가와 개념이 유사하며, 버스노선의 중복도 평가의 결과값이 낮으면 버스노선의 형평성 평가 결과값은 높게 도출된다. 즉, 버스노선이 지역적

형평성을 고려하여 전 지역에 고르게 분포되어 있을 경우에 버스노선의 형평성이 높아지고, 버스노선의 중복도는 각 버스노선간 겹치는 구간이 짧아져 평가 결과값은 낮아지게 된다.

이러한 문제점을 해결하고 버스노선의 적절한 평가를 위하여 지역간 형평성을 고려한 버스노선 분포도 평가모형을 개발하였으며, 이는 버스노선의 형평성 및 중복성을 함께 평가할 수 있는 개념을 포함하고 있다. 또한 기존 버스노선의 중복도 평가방안에서 발생한 평가기준의 모호함을 해결하고자 Zone기반(대중교통 권역)의 평가방안을 수립하였다.

1.2 연구의 내용

본 연구는 국외에서 활용중인 평가모형을 포함한 기존 버스노선의 중복도 평가모형 검토를 통하여 도출된 문제점을 개선하기 위하여 서울특별시 간선버스(파란버스)이며, 2011년 5월 현재 운행 중인 버스를 중심으로 버스노선의 중복도를 평가하는 모형을 개발하였고, 개발된 모형을 이용하여 분석한 결과를 제시하였다.

서울특별시는 현재 버스체계개편을 통하여 버스노선을 출발권역, 도착권역 및 버스노선의 일련번호를 이용하여 총 3자리수의 버스노선번호를 부여하여 운영 중에 있다. 서울특별시에서 적용중인 버스노선번호 부여체계를 이용한 버스노선의 분포도 평가방안을 개발하였으며, 버스권역을 중심으로 한 노선의 중복도 평가를 통하여 지역적 노선분배 등을 고려한 형평성 부분의 평가를 포함하고 있다.

개발한 버스노선의 분포도 평가모형을 이용하여 서울특별시의 버스노선 Zone별 분포에 대한 중복도 평가결과를 함께 제시하였으며, 이를 이용하여 향후 버스노선 개편에 추가 또는 변경이 필요한 버스노선 선정 등에 활용할 수 있다. 또한 궁극적으로 시민에게 제공되는 버스서비스의 질적 향상 및 서울특별시 전역의 대중교통 접근성 향상에 의하여 대중교통 활성화에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대한다.

2. 기존 평가방안 고찰

버스노선의 중복도 평가는 대중교통 운영자 측면에서는 효율적인 버스노선 관리를 위하여, 승객인 이용자 측면에서는 이동편의성 측면에서 필요한 지표이다. 그러나 윤희열(2004)의 연구에 따르면 프랑스(La Palmeries 2000 des Transport) 및 싱가포르(Bus Service Standards) 등 대중교통평가체계가 잘 갖추어져 있다고 평가받는 국가에서도 시행방안이 마련되어 있지 않으며, 미국의 경우 Bus Route Evaluation Standards에서만 버스노선의 중복도 평가를 다루고 있다. 또한 국내연구도 버스노선의 중복도 평가는 크게 연구된 바 없으며, 기존 연구도 미국의 경우 Bus Route Evaluation

Standards 적용 안을 차용한 모니터링방안 연구에 그치고 있다.

이상용 외 1인(2003)은 버스노선의 중복도를 형평성 개념으로 접근하였다. 즉, Zone별로 버스노선이 얼마나 고르게 분포되어 있는가를 기준으로 버스노선의 중복도를 평가하였다. 이 경우 각 지역의 잠재적 버스이용수요를 고려하는 경우와 고려하지 않는 경우를 생각할 수 있는데 여기에서는 전자를 취하여 Zone별 인구대비 노선수를 기초로 형평성을 평가하기로 하였다. 인구대비 버스노선 분포의 Zone별 편차를 통하여 노선버스의 지역별 형평성을 평가하였다. 실제 측정에 있어 각 교통 Zone 내부를 경유하는 버스노선 수를 Zone내 인구를 감안한 지표로 산정하고 이들의 Zone 간 표준편차를 형평성 지표로 사용한다.

통계적으로 분산치는,

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 / (n-1) \quad (1)$$

로 표현될 수 있으며, 표준편차(s)로 정의되는 형평성 지표 E는,

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 / (n-1)} \quad (2)$$

로 정의하였다.

- 여기서 x_i : Zone i의 경유 노선 수
- p_i : Zone i의 인구수(천인)
- t_i : Zone i의 인구대비 경유 노선 수
- \bar{t} : n개의 Zone의 인구대비 경유 노선 수

평균치는

$$t_i = \frac{x_i}{p_i} \quad (3)$$

이다. 그러나 이상용 외 1인(2003)의 연구는 Zone을 결정하는 방안을 포함하여 연구수행결과의 적용에 있어 한계를 가지고 있다.

윤혁렬(2004)의 연구에서 버스의 중복도는 버스노선이 특정지역 또는 구간에 집중되는 정도를 나타내는 지표로서 각 노선별로 산출이 가능하다고 제시되어 있다. 버스노선의 과도한 중복은 버스의 효율성을 저하시킬 뿐만 아니라 이용자가 버스노선을 인식하는데 장애요인으로 작용한다고 정의하였다. 이에 따른 버스노선의 중복도 평가방안은 다음과 같다.

$$R_k = \frac{\sum_{l=1}^n (d_l^k \times n_l^k)}{\sum_{l=1}^n (d_l^k)} \quad (4)$$

여기서, R_k : k노선의 중복도

d_l^k : k노선 l구간의 길이

n_l^k : k노선 l구간을 경유하는 노선수

이다. 버스노선의 중복도를 이용하여 전체 버스노선의 중복도를 평가하는 방안은 다음과 같다.

$$TR = \frac{\sum_{k=1}^N R_k}{N} \quad (5)$$

여기서, TR : 전체 버스노선의 중복도

R_k : k노선의 중복도

N : 전체 노선 수

중복도가 1.0이라는 것은 노선의 기점에서 종점까지 전체 구간에서 노선을 공유하는 다른 노선이 하나도 없다는 것을 의미하며, 노선의 공유, 즉 중복의 정도가 심할수록 값이 증가하는데, 한 노선의 중복도 평가는 중복구간을 공유하는 다른 노선의 중복도의 증가를 포함하게 되므로 상호간에 영향을 미치는 지표로서의 의미도 가지게 된다. 윤혁렬(2004)의 연구는 미국 Bus Route Evaluation Standards의 Route Design Standards(노선설계관련 지표) 중 노선 중복성 평가와 유사하다.

이러한 기존 연구에서 버스노선의 중복도를 평가하는데 있어서 가장 중요한 변수는 특정노선의 구간길이이다. 일정 구간길이 내에 얼마나 많은 버스노선이 운행되고 있는지를 비교, 분석하는 것이 이 지표의 특징인데 이 기준에는 다음과 같은 문제점을 내포하고 있다.

첫 번째, 평가구간 길이에 대한 정의가 불명확하다. 현재 사용되고 있는 평가지표에 따르면 특정노선의 기, 종점을 중심으로 n개의 구간으로 나누어 그 구간에 대한 버스노선의 중복도를 평가하게 되는데 이 경우 1개 구간의 길이를 정의하는 방법과 n개 구간으로 나누는 방법에 따라 그 노선의 중복도 결과값이 달라질 수 있다. 예를 들어 평가구간 길이를 짧게 선정할 경우 중복노선이 과다해져서 평가지표 결과값이 낮게 나오는 반면, 반대로 길어질 경우 중복도 값이 상대적으로 높게 도출된다. 두 번째로 버스노선 중복도 평가시 기준이 되는 노선에 따라 동일 노선에 대한 평가 결과값이 다르게

도출될 수 있다는 문제점이다.

따라서 평가지표상의 이러한 문제점은 버스노선의 중복도 평가 방안으로는 근본적인 문제의 해결이 불가능하다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 대중교통 Zone을 기준으로 한 버스노선의 분포도 평가방안을 제시하였다.

3. 모형구축

3.1 서울특별시 버스체계 검토

현재 서울특별시 버스의 노선번호는 지난 2000년부터 시행한 버스번호체계 개편 이후, 노선번호는 총 세자리로 이루어져 있으며 첫 번째 자리는 기점 Zone 구분번호, 두 번째 자리는 종점 Zone 구분번호이다. 세 번째 자리는 기점과 종점이 같은 버스들 중 다른 경유지를 가진 버스들을 구분하기 위한 노선일련번호이다. Fig. 1 및 Table 1과 같이 서울특별시를 0부터 7까지 크게 8개의 Zone으로 구분하였으며, 경기도는 1부터 7까지로 6개 Zone으로 구분하여 광역버스 노선번호에 적용하고 있다. 이러한 체계는 버스의 기종점을 쉽게 식별할 수 있도록 하기 위함이다.

서울특별시 교통정보센터에서 제공하는 자료에 따르면 2011년 서울특별시에는 56개 버스회사에서 총 119개의 간선버스 노선을 운영하고 있으며 총 운행차량은 3,520대이다. 본 연구에서는 119개

의 간선버스 노선의 노선번호를 이용하여 Zone간 운행하는 버스의 노선수를 기준으로 버스노선의 중복도를 평가하는 모형을 수립하였다.

3.2 버스노선 Zone별 분포도 평가모형 정립

3.2.1 버스노선 Zone별 분포도 평가모형의 정립

기존 연구고찰결과와 같이 버스노선과 관련된 평가방안으로 제시된 버스노선의 중복도 및 형평성 평가부문은 분석가의 주관에 따라 평가결과가 달라질 수 있는 한계가 있다. 버스노선의 중복도

Table 1. Classification of Gu(District) in Bus Zone in Seoul Area

Zone	Gu(District)
Zone 0	Jongno, Jung, Youngsan
Zone 1	Dobong, Gangbuk, Seongbuk, Nowon
Zone 2	Dongdaemun, Jungnang, Deongdong, Gwangjin
Zone 3	Gangdong, Songpa
Zone 4	Seocho, Gangnam
Zone 5	Dongjak, Gwanak, Geumcheon
Zone 6	Gangseo, Yangcheon, Yeongdeungpo, Guro
Zone 7	Eunpyeong, Mapo, Seodaemun

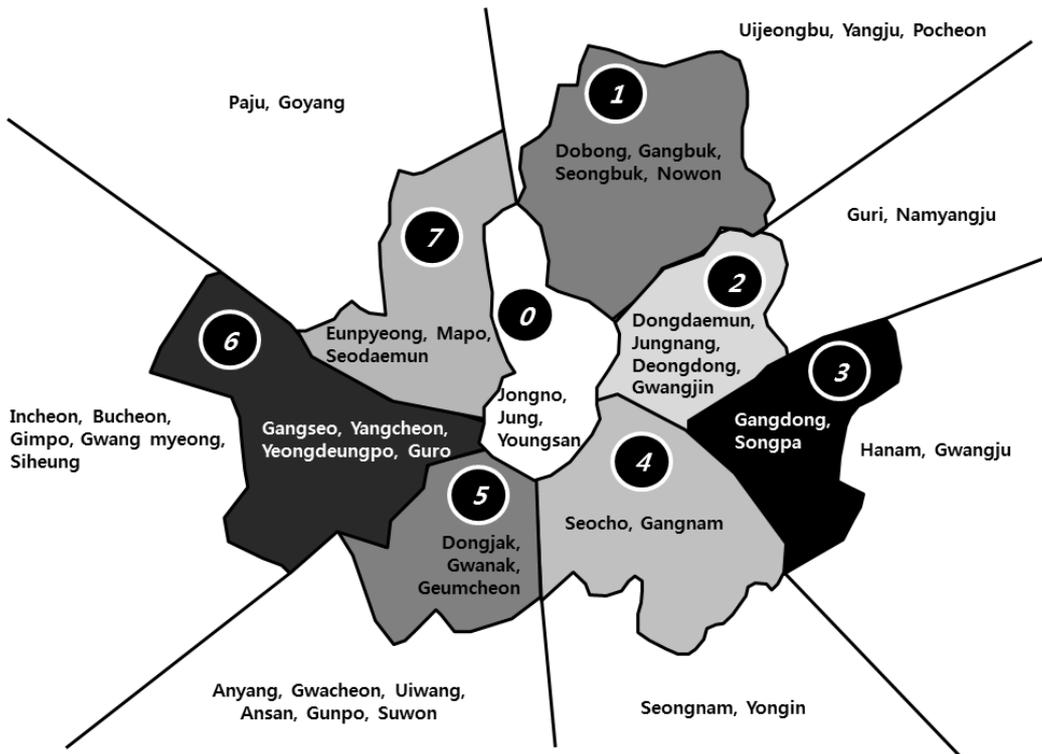


Fig. 1. Bus Zone Map in Seoul Area(Source : <http://topis.seoul.go.kr>, Reconfiguration)

평가를 위하여 사용되는 분석단위 길이(l)에 따라 분석에 포함되는 버스노선의 수가 결정되나 분석단위 길이에 대한 정의가 없으며, 이에 따라 현재 대중교통서비스 평가 등에 실질적으로 활용되지 못하고 있다.

이러한 기존 연구의 한계를 극복하고, 버스정보시스템(BIS, Bus Information System)에 의하여 체계적으로 관리 및 활용될 수 있는 데이터를 이용한 버스노선 체계의 평가방안이 필요하다고 판단되어 다음과 같은 버스노선의 분포도 평가방안을 제시하였다. 버스노선의 분포도는 버스노선의 중복을 피하고, 버스이용객수와 관계없이 어느 지역의 시민이라도 타 지역으로 이동이 가능해야 한다는 버스서비스의 형평성 측면을 평가할 수 있어야 한다는 측면에서 평가가 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 대중교통 Zone별로 이동 가능한 타 대중교통 Zone사이의 버스노선 분포도 평가모형과 평가 지지체 전체의 대중교통 노선 분포도를 평가할 수 있는 모형으로 버스노선의 분포도 평가방안을 2가지로 수립하였으며, 각 평가방안에 대한 활용방안을 포함한 분석방안을 다음과 같이 제시하였다.

타 대중교통 Zone사이의 버스노선 분포도 평가모형은 각 Zone 별로 버스노선 분포 정도를 도식화하여 나타낼 수 있으며, 이는 해당 대중교통 Zone에 버스노선의 시점 또는 종점이 위치한 총 버스 노선수 대비 각 Zone별로 운행하는 버스노선 수로 나타낸다. 수식으로 표현하면 다음 Eq. (6)과 같다.

$$E_{a,b}^1 = \frac{n_{a,b} + n_{b,a}}{N_a} \quad (6)$$

여기서,

- $E_{a,b}^1$: Zone a와 Zone b를 운행하는 버스 노선 분포도
- $n_{a,b}$: Zone a를 시점으로 Zone b를 종점으로 운행하는 버스 노선 수
- $n_{b,a}$: Zone b를 시점으로 Zone a를 종점으로 운행하는 버스 노선 수
- N_a : Zone a를 시점 또는 종점으로 운행하는 전체 버스 노선 수

이며, 서울특별시 전체 대중교통 Zone의 노선 분포도를 평가할 수 있는 모형식은 Eq. (7)와 같다.

$$E_a^2 = \frac{\sum_{i=0}^7 (n_{a,i} + n_{i,a})}{N} \quad (7)$$

여기서, E_a^2 : Zone a의 버스 노선 분포도

- $n_{a,i}$: Zone a를 시점으로 Zone i를 종점으로 운행하는 버스 노선 수
- N : 전체 버스 노선 수

Eq. (6)에 의하여 산출된 결과는 Zone a를 지나는 노선 개편 시 평가결과 값이 낮은 Zone을 운행하는 노선을 추가하는 근거로 사용할 수 있다. Eq. (7)의 경우 전 Zone을 대상으로 타 Zone으로의 노선분포 정도를 판단할 수 있으며, Eq. (6)보다는 광의적인 의미로 노선의 분포도 판단 및 지역적 형평성을 판단할 수 있다.

3.2.2 버스노선 Zone별 분포도 평가의 활용방안

본 연구에서 적용한 Zone은 서울특별시 버스체계에 적용하고 있는 버스권역으로 정의하고 분석하였으며, 이는 분석방안 적용의 용이성을 확보하기 위한 개념이라 할 수 있다. 보다 상세한 버스노선의 분석은 본 연구에서 제안한 방안을 기준으로 Zone을 세분화하여 동일한 방안에 의하여 적용한 분석결과로 수행가능하며, 세분화 방안은 다음과 같이 제시한다.

- 대 Zone : 버스권역을 분석대상 Zone으로 설정
- 중 Zone : 구(區)단위로 분석대상 Zone을 설정
- 소 Zone : 생활권단위로 분석대상 Zone을 설정

각 방안을 ⑦ Zone(은평, 마포, 서대문 권역)에 적용한 예시는 다음과 같다.

- 대 Zone : ⑦ Zone(은평, 마포, 서대문 권역)
- 중 Zone : 은평구, 마포구, 서대문구 각각을 1개 Zone으로 설정하여 버스노선평가를 시행
- 소 Zone : 마포구를 예시로 제시하면, 공덕동, 대흥동, 도화동, 동교동, 망원동, 상암동, 서강동, 서교동, 성산동, 신공덕동, 신수동, 아현동, 연남동, 염리동, 용강동, 합정동 등 16개 동을 생활권 Zone으로 설정하여 버스노선 평가를 시행

이러한 Zone 세분화를 통해 보다 체계적인 버스노선관리 및 운영이 가능하다. 대 Zone에서는 우수한 버스노선체계를 보유한 것으로 분석되었으나, 내부적인 버스노선체계가 미비할 경우 이는 세분화된 소 Zone 단위의 분석결과에서 낮은 값을 보이므로 대중교통 운영자는 이러한 분석결과를 바탕으로 향후 버스체계 개편시 지선버스중심의 개선이 이루어질 수 있도록 정책의 근거자료로 활용이 가능하다. 이를 도식화 하면 Fig. 2와 같다.

본 연구에서는 서울특별시 버스권역을 분석 Zone으로 설정한

대 Zone 분석의 단계까지만 연구를 수행하였으며, 이는 다음 서울특별시 버스노선 중복도 평가결과에 표 및 그림으로 제시하였다.

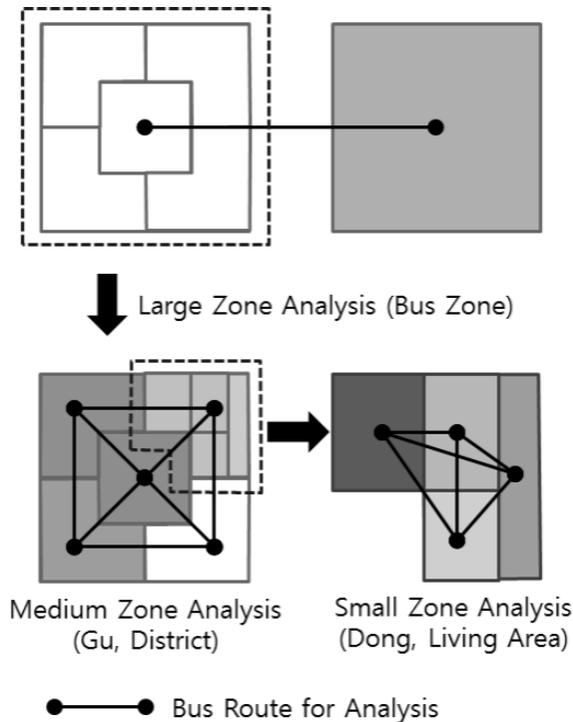


Fig. 2. Analysis Method from Zone Size

4. 서울특별시 버스노선 분포도 평가결과

4.1 대중교통 Zone간 버스노선 분포도 평가

Table 2와 같이 대중교통 Zone간 버스노선 평가를 시행하기 위하여 서울특별시에서 운영 중인 간선버스 199대의 노선번호를 기준으로 출발 Zone 및 도착 Zone에 따른 버스 노선수를 분류하였다. 간선버스의 노선번호가 3자리로 구성되어 있으며, 이에 따라 Zone 0을 시작 Zone으로 하는 버스노선은 존재하지 않는다.

버스노선분석결과 Zone 0을 시·종점으로 하는 버스노선이 45개로 가장 많으며, Zone 3을 시·종점으로 하는 버스노선이 15개로 가장 적다. Zone 0은 서울특별시 내 위치상 전 Zone으로의 접근성이 가장 높으며, 이에 따라 버스노선도 가장 많은 것으로 분석되었다. Zone 3은 인접Zone이 2와 3 등 2개 Zone만이 있어 이에 따라 노선이 적은 것으로 판단된다.

Table 3부터 Table 10과 같이 Eq. (6)에 의하여 E_{ib}^1 분석결과 Zone 3, 5, 6, 7 등 4개 Zone에서 Zone 0으로 가는 노선이 가장 많은 것으로 분석되었다.

Table 2. Number of Bus Route Based on Origin and Destination Zone

Zone		# of bus line	Zone		# of bus line
O	D		O	D	
0	0	9	4	2	2
0	1	1	4	4	2
0	2	1	4	6	2
0	3	1	4	7	3
0	4	10	5	0	8
0	5	4	5	4	1
0	6	3	5	7	1
0	7	2	6	0	8
2	0	2	6	4	4
2	4	2	6	5	4
2	6	4	6	6	1
2	7	4	6	7	2
3	0	4	7	0	8
3	2	1	7	7	1
3	3	1	7	2	2
3	4	3	7	3	1
3	6	3	7	5	4
3	7	1	7	6	1
4	0	6	7	7	1
4	1	1	sum		119

Table 3. Bus Evaluation Result 1 : Zone 0 Case

b	$n_{0,b} + n_{b,0}$	E_{0b}^1	b	$n_{0,b} + n_{b,0}$	E_{0b}^1
0	0	0.00	4	6	0.13
1	9	0.20	5	8	0.18
2	2	0.04	6	8	0.18
3	4	0.09	7	8	0.18

$N_0 = 45$

Table 4. Bus Evaluation Result 2 : Zone 1 Case

b	$n_{1,b} + n_{b,1}$	E_{1b}^1	b	$n_{1,b} + n_{b,1}$	E_{1b}^1
0	9	0.27	4	11	0.33
1	1	0.03	5	4	0.12
2	1	0.03	6	3	0.09
3	1	0.03	7	3	0.09

$N_1 = 33$

Table 5. Bus Evaluation Result 3 : Zone 2 Case

b	$n_{2,b} + n_{b,2}$	E_{2b}^1	b	$n_{2,b} + n_{b,2}$	E_{2b}^1
0	2	0.11	4	4	0.22
1	1	0.06	5	0	0.00
2	0	0.00	6	4	0.22
3	1	0.06	7	6	0.33

$N_2 = 18$

Table 6. Bus Evaluation Result 4 : Zone ③ Case

b	$n_{3,b} + n_{b,3}$	E_{3b}^1	b	$n_{3,b} + n_{b,3}$	E_{3b}^1
①	4	0.27	④	3	0.20
②	1	0.07	⑤	0	0.00
③	1	0.07	⑥	3	0.20
④	1	0.07	⑦	2	0.13

$N_3 = 15$

Table 7. Bus Evaluation Result 5 : Zone ④ Case

b	$n_{4,b} + n_{b,4}$	$E_{4,b}^1$	b	$n_{4,b} + n_{b,4}$	$E_{4,b}^1$
①	6	0.17	④	2	0.06
②	11	0.31	⑤	1	0.03
③	4	0.11	⑥	6	0.17
④	3	0.08	⑦	3	0.08

$N_4 = 36$

Table 8. Bus Evaluation Result 6 : Zone ⑤ Case

b	$n_{5,b} + n_{b,5}$	$E_{5,b}^1$	b	$n_{5,b} + n_{b,5}$	$E_{5,b}^1$
①	8	0.36	④	1	0.05
②	4	0.18	⑤	0	0.00
③	0	0.00	⑥	4	0.18
④	0	0.00	⑦	5	0.23

$N_5 = 22$

Table 9. Bus Evaluation Result 7 : Zone ⑥ Case

b	$n_{6,b} + n_{b,6}$	$E_{6,b}^1$	b	$n_{6,b} + n_{b,6}$	$E_{6,b}^1$
①	8	0.25	④	6	0.19
②	3	0.09	⑤	4	0.13
③	4	0.13	⑥	1	0.03
④	3	0.09	⑦	3	0.09

$N_6 = 32$

Table 10. Bus Evaluation Result 8 : Zone ⑦ Case

b	$n_{7,b} + n_{b,7}$	$E_{7,b}^1$	b	$n_{7,b} + n_{b,7}$	$E_{7,b}^1$
①	8	0.26	④	3	0.10
②	3	0.10	⑤	5	0.16
③	6	0.19	⑥	3	0.10
④	2	0.06	⑦	1	0.03

$N_7 = 31$

Table 11. Result of Average $E_{i,b}^1$

b	average $E_{i,b}^1$	b	average $E_{i,b}^1$
①	0.18	④	0.15
②	0.22	⑤	0.06
③	0.05	⑥	0.14
④	0.05	⑦	0.14

Average 0.13

Table 11에서 나타난 바와 같이 평균적으로 Zone ①이 0.22로 가장 높은 버스노선 분포값을 가진다. 이는 Zone ①의 노선중복도가 가장 높다고 판단할 수 있으며, 서울특별시 전역에서 버스를 이용한 이동성이 가장 양호하다고 할 수 있다.

분석결과 Zone ②-⑤와 같이 노선이 전혀 없는 Zone도 존재하였다. 각 Zone을 시·중점으로 하는 노선이 없더라도 버스 환승 또는 타 Zone을 시·중점으로 하는 노선이 해당 Zone을 통과하여 승객에게 서비스를 제공할 수 있다. 그러나 대중교통 이용 승객의 편의를 고려하여 버스체계를 개선할 경우 이러한 Zone을 시·중점으로 하는 노선추가가 필요하다고 판단된다.

버스노선의 분포는 해당 Zone의 승객 및 도로환경에 의해서 결정이 되기도 한다. 그러나 공공의 성격인 대중교통 측면에서는 인구가 적은 Zone에도 타 Zone으로의 이동성을 확보하기 위한 노선이 공급되어야 한다. 따라서 이러한 분석결과를 바탕으로 추가 노선의 신설 및 기존노선의 연장 등 추가적인 노선확보가 필요하다. 본 연구에서 제시한 노선의 중복도 평가결과의 활용은 중복노선의 제거보다는 지역적 형평성을 고려한 노선추가에 보다 효과적이다.

4.2 서울특별시 간선버스 노선의 중복도 평가

Table 12은 Eq. (7)에 의하여 산출한 서울특별시 대중교통 Zone별 버스노선 분석결과이며, Fig. 3은 분석결과를 그림으로 도식화한 것이다. E_a^2 분석결과 평균 0.25값을 가지며, 가장 높은 E_a^2 을 가지는 Zone은 Zone ①으로 많은 버스노선이 분포한 것으로 분석되었다.

Zone ⑤, ②, ③은 서울특별시 교통 Zone의 평균 노선 분포값보다 낮은 분석결과를 나타내고 있으며, 이는 타 Zone과 비교할 때 버스를 이용한 이동에 있어 제약이 크다는 것을 의미한다. 강남지역에 해당하는 Zone ④와 인접하고 있음에도 불구하고 이러한 분석결과가 도출되었으며, 이는 지역적인 버스노선의 배분이 필요하다는 것을 의미한다. 통과노선을 제외하고 버스노선의 시·중점을 기준으로 지역적 형평성을 고려한 버스노선의 중복도를 평가할 수 있는 모형을 적용한 결과, 서울특별시의 경우 공영제 시행 이후 버스체계가 개편되었음에도 불구하고 지역적 형평성을 고려한 일부 노선의 개선 또는 추가가 필요하다고 판단된다. 본 모형은 버스노선의 중복도 및 형평성 측면 평가를 기준점 중심으로 시행하는 방안을 제시하였다. 버스노선 중 노선번호에 기록되지 않는 Zone을 경유할 수 있으며, 환승을 통해 이동이 가능하나, 이러한 부분은 서울특별시 버스노선 총괄적인 노선체계에서는 이로 인한 효과가 상쇄될 수 있다고 판단된다.

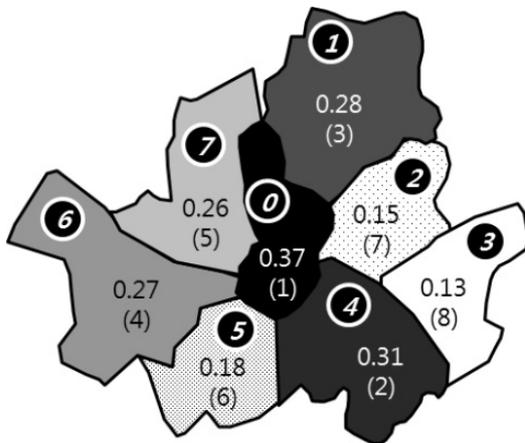


Fig. 3. Bus Evaluation Analysis Result Based on Bus Zone

Table 12. Bus Evaluation Analysis Result Based on Bus Zone

Rank	Zone	$n_{a,i}$	$n_{i,a}$	$n_{i,a} + n_{i,a}$	E_a^2
1	Zone 0	0	45	45	0.38
2	Zone 4	16	22	38	0.32
3	Zone 1	31	3	34	0.29
4	Zone 6	19	14	33	0.28
5	Zone 7	18	14	32	0.27
6	Zone 5	10	12	22	0.18
7	Zone 2	12	6	18	0.15
8	Zone 3	13	3	16	0.13
계		119	119	238	2.00

5. 결론

본 연구에서는 지역적 형평성을 고려하여 버스노선의 분포도를 포함한 중복도를 평가하는 모형을 개발하였다. 버스노선의 중복도는 버스체계의 효율적인 운영측면에서 중요한 평가체계임에도 불구하고 기존 평가지표의 적용상의 문제점에 의하여 사용되지 못하였다. 본 연구에서는 서울특별시 버스권역을 기준으로 한 Zone단위 평가방안을 개발하였으며, 개발된 평가방안에 의하여 서울특별시 간선버스 199개 노선을 기준으로 한 평가를 시행하였다. 시행결과 종로구, 중구 및 용산구를 권역으로 하는 Zone 0의 버스노선의 중복도가 가장 높았으며, 타 지역으로의 이동도 용이하도록 노선이 설계되어 있다. 강동구 및 송파구에 해당하는 Zone 5은 추가적인 노선의 신설 또는 기존 노선의 연장 등에 의하여 타 Zone으로 이동이 가능한 노선의 추가가 필요한 것으로 분석되었다. 적용이 용이하며, 결과값을 도출하는 과정이 간결하여 사용이 편리하도록 하였다. 본 연구에서 제시한 평가방안은 기존의 평가지표보다 보다 상세한 분석결과를 도출하는 방안으로 분석 Zone을 크게 대, 중, 소로 구분하여 분석하는 방안을 제안하였다.

본 연구에서 제시한 ‘지역간 형평성을 고려한 Zone 기반의 버스노선 평가모형’은 준공영제를 시행하여 해당 지자체의 전반적인 버스서비스의 형평성을 확보하고자 하는 지자체에 활용이 가능하다. 전 지역을 대상으로 고른 버스서비스를 제공하여야 한다는 행정구역 단위 등 기준에 의해 Zone을 설정하고, 해당 Zone을 시·종점으로 하는 버스노선체계를 설정 또는 평가하는데 활용할 수 있다. 본 모형에 의해 평가된 결과는 시·종점 기반의 버스노선분포를 점검하는데 주안점을 두었으며, 이에 따라 경유 또는 환승을 통해 다른 Zone으로 이동하는 통행태에 대해서는 Micro한 분석이 현실적으로는 어렵다. 이러한 한계는 Zone 단위를 보다 세분화하여 적용하거나, 본 연구에서 제시한 대 Zone 분석부터 소 Zone 분석방법까지 단계적으로 적용하여 분석을 시행할 경우 극복이 가능하다고 판단된다. 즉, 서울특별시의 경우를 예를 들면, Macro한 측면에서 자치구간 버스노선의 형평성 비교시에는 대 Zone분석을, 서울특별시 전 지역, 전 버스노선을 대상으로 한 Micro한 분석시에는 소 Zone 분석방법을 선택하여 분석가의 분석목표 및 특성에 따라 분석을 시행할 수 있다.

이러한 분석방법을 이용할 경우 기존 노선의 분포도의 한계를 극복하고, 지역적 형평성을 향상시킬 수 있는 버스노선의 개편 및 추가가 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업(차세대 도로교통정보 서비스 고도화 기술 개발)의 연구비 지원으로 수행하였습니다.

References

- Avishai Ceder (2007). *Public transit planning and operation*, Elsevier, Oxford.
- H. Benn (1995). *Bus route evaluation standards*, TCRP Synthesis 10.
- La Vie du Rail et des Transport. (2000). *Le palmares 2000 des transport*, No. 152 (in French).
- Lee, S. Y. and Park, K. A. (2003). “Quantitative evaluation indicators for the city bus route network.” *Journal of Korean Society of Transportataion*, Vol. 21, No. 4, pp. 29-156 (in Korean).
- Silcock, D. T. (1981). *Measures of operational performance for urban bus services*, Traffic Engineering and Control.
- Yun, H. R. (2004). *Monitoring bus service systems - for seoul bus system reform programs*, The Seoul Institute (in Korean). <http://topis.seoul.go.kr/>