

## 노선 굴곡도를 고려한 시내버스 체계 개선에 관한 연구

박민철\* · 하태준\*\* · 권성대\*\*\* · 오석진\*\*\*\*

Park, Min-Chul\*, Ha, Tae-Jun\*\*, Kwon, Sung-Dae\*\*\*, Oh, Seok-Jin\*\*\*\*

### Improvement of Bus Route System Considering Route Curvature

#### ABSTRACT

In metropolitan cities have been reorganizing the routes of the city buses periodically due to changes in the spatial structure and traffic pattern and the lack of supply due to new developments. However, there is a lack of system to comprehensively evaluate the routes. Even if the evaluation index is not clearly defined, it may not be reasonable. Therefore, it is difficult to set the improvement direction when the bus route is reorganized. In this study, the existing evaluation indexes were reviewed and further investigation was conducted on the problematic indexes. In particular, the degree of curvature has been used as a very important index in the evaluation of the route system, but the existing curvature based curvature has a limitation in considering the traffic characteristics of individual users. For this purpose, a virtual city bus network was set up and the degree of curvature was calculated and compared based on the point - based curvature and stopping point based on individual user O/D. In this study, it is considered that more efficient and practical analysis and evaluation are possible in the evaluation of the city bus route system through the curvature considering the individual user O/D based on the stopping point. It is expected that it will be used at the time of reorganization of city bus route performed by individual local governments in the future.

**Key words :** Route curvature, Reorganization of city bus route, Evaluation index, Bus stop-based origin/destination

#### 초록

대도시에서는 공간구조 및 통행패턴의 변화, 신규개발에 따른 공급부족 등의 이유로 시내버스 노선개편을 단행하고 있지만 노선에 대해 평가할 수 있는 종합적인 체계가 미흡한 실정이다. 이러한 평가지표의 정립이 명확하지 않거나 있더라도 합리적이지 않는 경우가 발생하여 시내버스 노선개편시 개선방향 설정에 어려움을 주고 있다. 이에 본 연구는 기존 평가지표들에 대해 고찰을 실시하고 이중 문제가 있는 지표들은 추가적으로 검토하였다. 특히, 굴곡도는 노선체계 평가시 매우 중요한 지표로 활용되어 왔지만 기존의 기준점 기반 굴곡도는 개별이용자들의 통행특성을 고려하지 못하는 한계점이 있어 본 연구에서 정류소 기반 개별이용자 O/D를 고려한 굴곡도 지표를 새롭게 제시하였다. 이를 위해 가상의 시내버스 노선망을 설정하고 기준점 기반 굴곡도와 정류소 기반 개별이용자 O/D를 고려한 굴곡도를 산정하여 비교·분석하였다. 본 연구에서 개발된 정류소 기반의 개별이용자 O/D를 고려한 굴곡도를 통해 시내버스 노선체계 평가시 보다 효율적이며 실질적인 분석과 평가가 가능할 것으로 판단되며 광주광역시뿐만 아니라 향후 타 지자체에서 수행하는 시내버스 노선개편시에도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

**검색어 :** 노선굴곡도, 버스노선개편, 평가지표, 정류소기반 O/D

\* 브이엔지니어링 상무, 공학박사 (V-Engineering Director · [mcpark9451@daum.net](mailto:mcpark9451@daum.net))

\*\* 종신회원 · 교신저자 · 전남대학교 토목공학과 교수 (Corresponding Author · Chonnam National University · [tjha@jnu.ac.kr](mailto:tjha@jnu.ac.kr))

\*\*\* 정회원 · 광주광역시청 교통건설국 교통정책과, 공학박사 (Gwangju Metropolitan City · [ksd1127@korea.kr](mailto:ksd1127@korea.kr))

\*\*\*\* 전남대학교 토목공학과, 박사수료 (Chonnam National University · [osj5752@jnu.ac.kr](mailto:osj5752@jnu.ac.kr))

Received December 26, 2018/ revised January 7, 2019/ accepted January 16, 2019

# 1. 서론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

도시 내 교통 네트워크를 이용하는 수단은 크게 개인교통과 대중교통으로 나눌 수 있다. 일반적으로 개인교통은 승용차를 지칭하고, 대중교통은 시내버스와 도시철도로 양분된다. 대표적인 대중교통수단이라 할 수 있는 시내버스는 도시철도와 같은 막대한 채원과 시간을 소요하지 않고 효율적인 개편만으로도 효과를 볼 수 있다는 장점이 있다. 여러 대도시에서 공간구조 및 통행패턴의 변화, 신규개발에 따른 공급부족지역 발생 등의 이유로 주기적으로 시내버스의 노선개편을 단행하고 있지만 노선에 대해 종합적으로 평가할 수 있는 체계가 미흡한 실정이다.

이러한 버스교통의 문제점 개선을 위해 효율적인 정책 수립이 필요하며, 정책수립을 위해서는 기본적으로 개별 버스계통이나 도시전체에 대한 버스교통의 서비스 수준을 파악해 볼 수 있는 기준이 필요하게 된다. 즉, 버스교통문제의 수량화와 개선을 위한 목표치 설정 등을 위해서도 합리적인 평가 지표의 설정은 반드시 필요하다. 그러나 현재 이러한 평가지표의 정립이 명확히 되어 있지 않거나 되어 있더라도 합리적이지 않은 경우가 있는 상황임에 따라 버스노선 개편 시 개선방향 설정에 많은 어려움이 있다.

효율적인 노선개편을 위해서는 먼저 기존 노선체계의 합리적이고 형평성 있는 평가가 선행되어야 한다. 즉, 기존노선의 불합리성과 개선해야할 사항 등을 정립하고 노선개편 시 적극 반영하여 효율적인 노선개편이 이루어질 수 있도록 하여야 한다. 일반적으로 시내버스 평가와 관련된 지표는 이용자 측면, 관리자 측면, 운전자 측면에서 바라보는 다양한 지표들이 있지만 실질적으로 정량화가 가능한 지표는 많지 않아 평가자의 주관적인 관점에서 지표들이 설정되어 오고 있다.

따라서 본 연구에서는 기존 평가지표들에 대한 고찰을 실시하고 이중 문제가 있는 지표인 노선 굴곡도에 대해서 보다 심도있는 검토를 수행하고 이에 대한 문제점을 보완할 수 있는 개선된 굴곡도 지표를 제시하고자 한다.

## 1.2 연구의 내용 및 방법

시내버스 노선체계 평가를 위한 지표개발을 위해 우선 기존문헌 연구를 통해 노선평가 기준에 관한 연구에 대해 알아보고 기존평가 지표의 문제점을 분석하여 평가지표의 개선방안에 대해 검토하고, 개선된 평가지표를 활용하여 광주광역시 시내버스 노선에 사례분석을 실시하여 개선된 평가지표의 필요성을 확인하였다.

본 연구의 전체적인 연구 흐름도는 Fig. 1과 같다.

## 1.3 연구의 범위

본 연구는 광주광역시 내에서 운행 중인 시내버스를 대상으로 연구를 수행하였으며 시간적 범위로는 본 연구를 실제로 수행하고 자료확보가 가능한 2016년을 기준으로 하였으며, 통계자료 등은 최신자료를 활용하였다. 교통카드 Data는 2016년 4월 18일부터 4월 22일(5일)간 자료를 수집하였으며, 이중 앞뒤로 교통카드 이용에 큰 변화가 없는 4월 20일을 기준으로 분석을 수행하였다.

## 2. 기존 연구문헌 고찰

### 2.1 시내버스 노선개편 관련 연구

#### 2.1.1 Lee(1998)

노선굴곡도, 버스수요를 고려하여 노선대안을 수립하고 노선개편의 효과를 추정한 연구로, 모의적인 노선개편을 가정하고 이로 인해 발생하는 효과를 운전자, 이용자 및 사회 전체적인 편익의 측면에서 추정하였다. 여기서 이용자측면과 운전자측면의 효과분석은 비용/편익 분석법을 이용하였으며, 버스수요와 굴곡도 둘 중 하나의 지표만으로 노선개편을 수행할 때 이용자와 운전자 모두의 측면에서 만족할 수 없는 결과가 나타남을 제시하였다.

#### 2.1.2 Ko(1999)

부적절한 버스 노선의 문제중의 하나인 굴곡노선에 대해 비용모형을 제시하고, 비굴곡 노선으로 운행될 때의 비용과 비교하여 굴곡이 효율적일 수 있는 조건을 제시하였는데, 굴곡이 효율적일 수 있는 조건은 비굴곡시  $q_0$ 의 접근 비용보다 굴곡시 굴곡으로 인한 재차인원의 통행시간의 증가분과 배로 늘어나는 통행시간비의 합이 적으면 된다. 이는 굴곡의 정도나 횟수에는 상관없이 단지 우회에 따른 통행시간이 증가되는 재차인원과 접근거리가 감소하는 수요간의 Trad-off를 고려하면 된다는 결론을 얻을 수 있으며, 여기서  $K$ (단위거리 통행시간 비용에 대한 접근 비용의 비율)와

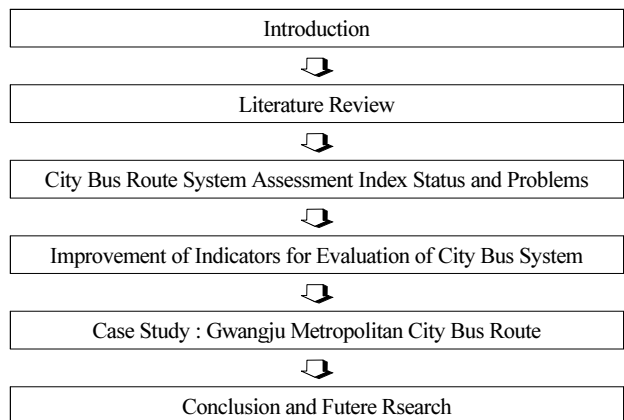


Fig. 1. Flowchart of Research

R(굴곡을 위한 인원/재차인원)을 유도하여 굴곡을 위한 최소조건  $R > \frac{2}{K-1}$  을 제시하였다.

### 2.1.3 Kim(2000)

버스교통의 평가지표에 대한 개념정립과 기존 평가 지표들의 문제점 및 개선방안에 대하여 연구하였다. 기존 평가지표들은 여러 지표들이 혼재되어 사용되고 있어 정책수립 혼란과 명확하지 않은 지표의 사용에 따른 개악의 위험성을 문제점으로 제시하였다. 개선 방안으로 지표의 분류와 함께, 굴곡도 지표의 개선 방안 및 중복도 지표를 개발하였으며 기존의 관련 주체별 통합화 방안의 제시 중 애매한 표현은 서비스 수준 개념 도입을 통해 정량화하여 서비스 수준의 정도를 관련 주체별로 파악 가능하게 하였다. 마지막으로 전문가 집단의 조사를 통해 3개 관련 주체의 중요도에 따른 가중치를 부여한 전체통합화 방법을 연구하였다.

### 2.1.4 Yang(2009)

도시내 노선체계 평가를 위한 접근성과 형평성지표를 개발하였으며, 관련주체별 세가지 관점을 기준으로 대전시를 사례로 하여 3개의 노선체계 대안에 대한 평가를 수행하였다. 평가시에는 접근성과 형평성 지표를 제외한 기존 지표들의 평가와 접근성과 형평성 지표를 포함한 평가의 두 가지 유형의 평가를 수행하였다. 연구결과로는 접근성의 경우 각 종의 버스이용가능면적 대비 정류장 수로 지표값을 산출하였으며, 형평성의 경우 각 종의 버스교통의존통행자수 대비 버스운행회수로 지표값을 산출하였다.

### 2.1.5 Kim(2017)

버스정류장에 도착하는 개별버스의 도착패턴과 버스정류장을 이용하는 개별 버스의 정차패턴에 따라 버스정차면 용량은 달라질 수 있다고 판단하여 초(Sec) 단위의 미시적 수준에서의 분석을 시행하였다. 다중 버스정류장에서 미시적 수준에서 개별 버스 운행 패턴 특성치 및 분포모형을 제시하여 정류장 적정 면수를 평가하였으며, 다중 버스정류장의 효율적 운영을 위해 노선배분 방법론으로 휴리스틱 접근방법과 수리적 모형을 통한 최적화 모형을 제시하였다.

## 2.2 시내버스 노선개편 관련 사례

### 2.2.1 서울특별시

서울특별시의 경우 시내버스의 열악한 서비스 수준의 원인 등에 정밀한 분석과 진단을 통해 체계적인 버스운영개선계획을 수행하였다. 그리고 버스서비스 범위와 버스 기능별 위계를 정립하고, 시각지역 및 낙후지역의 노선 서비스 공급을 통한 형평성을 제고하는 것으로 노선개편 방향을 설정하였다.

노선개편 효과로는 버스통행량의 경우 약 13 %증가 되었으며, 승용차 통행은 7.2 %가 감소한 것으로 나타났고, 버스 및 승용차의 평균 1통행당 통행시간은 18.2분/통행에서 개편후 12.2분/통행으로 32.9 %가 감소되었으며 사회적 편익의 경우 1일 시간편익은 약 11.7억원으로 추정되며, 에너지 4.2억원, 대기오염 5.9억원 등이 절약될 것으로 분석되었다.

기능에 따른 버스 색상을 다르게 하여 시인성 향상, 심야버스 운영으로 시민의 이용만족도 향상, 평균 배차간격 7.8분에서 5.6분으로 감소하여 탄력적인 배차로 인한 만족도가 향상되었다.

### 2.2.2 대전광역시

대전광역시는 노선조정을 통해 시내버스 노선의 효율성 확보로 시내버스 이용을 활성화 시키는 것을 목적으로 설정하였으며, 합리적인 노선체계 구축을 통해 대중교통 이용객 증가를 기대할 수 있다. 간접적으로는 교통혼잡 완화, 사회적 비용 및 대기오염 배출량 감소를 기대할 수 있다.

대전광역시의 경우 도시철도의 개통 등 여건의 변화를 수용할 수 있도록 전면개편하는 것으로 방향을 설정하고, 서비스의 범위, 노선의 속도 등 승객의 다양한 요구에 부응할 수 있도록 간선지선체계로 개편하였으며, 통행시간을 감소시킬 수 있도록 노선 굴곡도를 감소시키는데 주안점을 두고, 배차간격 단축, 운행거리 조정, 환승을 최소화 하는 것으로 노선개편을 시행하였다.

### 2.2.3 일본의 디맨드교통 도입

디맨드 교통은 정해진 노선과 스케줄에 따라 운행하는 기존 노선버스와 달리 승객의 사전예약에 따라 효율적으로 운행하는 수요대응형 교통시스템이다.

실시간으로 운행계획을 세워야 하는 어려움은 있으나 이용자 만족도가 높게 나타나고 있다.

## 2.3 시내버스 노선관련 법규

### 2.3.1 대중교통 노선체계 관련 법규 및 조례

대중교통체계와 관련된 법규로는 「대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률」, 「교통약자 이동편의 증진법」, 「여객자동차 운수사업법」 등이 있고, 특별·광역시 자치조례로는 「서울특별시 교통사업 특별회계 설치조례」(서울특별시), 「광주광역시 대중교통 지원 및 한정면허 등에 관한 조례」(광주광역시), 「대구광역시 시내버스 준공영제 운영에 관한 조례」(대구광역시) 등이 있다.

### 2.3.2 대중교통 시설 및 수단확충 부문

시설 및 수단 확충 부문은 크게 고급화된 차량 도입(저상굴절버스), 공영차고지 조성, 버스 전용차로 설치, 연계환승 체계 구축,

간선급행버스체계의 구축, 지능형 교통체계의 구축, 통합요금체계 개편안 수립, 버스정류소 시설 개선 등으로 구분되며, 대부분 대중교통 육성 및 지원에 관한 핵심법인 ‘대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률’에서 포괄적으로 제시하고 있다.

**2.3.3 시내버스 정책 및 재정지원 부문**

시내버스 정책 부문은 크게 요금체계 개편, 재정지원, 기술연구 개발, 시책의 평가 등으로 구분되며, 핵심법인 ‘대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률’에서 포괄적으로 제시하고 있다.

**2.4 기존 연구와의 차별성**

기존의 기종점 기반 굴곡도 관련 연구는 개별이용자들의 통행특성을 고려하지 못하는 한계가 있는 반면에 본 연구는 노선별 정류소 기반으로 O/D를 구축하고 정류소기반으로 개별이용자 O/D를 고려한 굴곡도 지표를 새롭게 제시함으로써 시내버스 노선체계 평가 시 기존보다 효율적인 방법으로 사료된다.

**3. 시내버스 노선체계 평가지표 현황 및 문제점**

**3.1 시내버스 노선체계 평가지표**

**3.1.1 시내버스 노선체계 주요 평가지표**

앞에서 살펴본 바와 같이 기존의 많은 연구에서 시내버스관련 평가지표에 대한 연구가 진행되어왔으며 다양한 지표들 중 여러 지자체에서 시내버스 노선체계 개편 시에는 아래 Table 1과 같은 지표를 활용하여 노선개편을 수행하였다.

**3.1.2 노선체계 측면에서의 평가지표**

이용자들의 버스 이용이 편리한 노선체계를 구축하는 것을 목적으로 한다. 일반적으로 버스 노선체계 측면에서의 평가지표로는 중복도와 굴곡도가 있으며 평가지표별 세부적인 내용은 다음과 같다.

Table 1. Route System Evaluation Index

City	Route System Evaluation Index	
Daegu (2015)	Dispatch Interval Distance in Service	Operation Time Route Curvature
Daejeon (2008)	Distance in Service Accessibility Route Curvature	Equity Transfers
Gwangju (2006)	Route Curvature Transportation Scale Operation time	Dispatch Interval Redundancy Transfers

**3.1.2.1 중복도**

노선의 중복도는 두 개의 노선이 같은 루트를 따라서 운행하는 것을 의미하며, 중복의 정도를 따져 값을 산출한다. 여기서 중복도가 1.0이라는 것은 한 노선이 기점에서 종점까지 운행할 때 다른 노선과 중복되는 구간이 없다는 것을 의미하며, 값이 클수록 노선이 많이 중복되어 있다는 것을 의미한다.

일반적으로 노선개편 시 중복도를 평가지표로 자주 활용하고 있으며 이는 노선이 과도하게 중복될 시에 버스 운행이 비효율적이기 때문이다.

**3.1.2.2 굴곡도**

노선의 굴곡도는 어느 노선의 기점과 종점을 최단거리로 연결할 때 1.0의 값을 가지며, 그 노선의 실제 운행경로에 따라 값이 산출된다. 노선의 굴곡정도를 나타내는 것으로 굴곡도가 높을수록 노선이 많이 굴곡되어 있다는 것을 의미한다. 물론 굴곡도가 노선체계에서 무조건 악영향을 미친다고 볼 수는 없지만 정시성, 통행시간의 단축 및 시간 비용의 측면에서 개선의 당위성이 인정되고 있어 버스노선 평가시 가장 주된 요소로 고려되고 있다.

**3.2 기존 평가지표의 문제점**

기존 평가지표들의 문제점으로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

첫째, 소수의 평가지표로 버스교통 전체를 설명하기에는 설득력이 부족하다. 즉, 버스교통은 도로조건, 교통조건, 경제조건, 사회조건 등 여러 가지 변수와 관련되어 있고 이용자 측면, 운영자 측면, 관리자 측면 등 입장에 따라 많은 차이가 있음에도 불구하고 특정 부분을 설명하는 하나의 지표만이 강조되어 많은 오류가 발생되었다.

둘째, 하나의 평가지표는 버스교통의 단편적인 상황을 나타내고 있으면서도 실제의 버스교통현황과는 거리가 먼 경우가 있다. 산정하기 쉽고 적용하기 편리한 지표라도 실제의 상황과 상이한 결과가 산출된다면 지표로서의 필요성이 상실된다고 할 수 있다.

셋째, 기존의 버스교통 평가지표에는 평가지표들 간의 체계가 확립되어 있지 않아 평가지표들을 이해하고 실제로 적용하는데 문제가 발생하게 된다.

특히 기존 지표들 중 오해의 소지가 있는 굴곡도 지표에 대해서는 추가적인 검토가 필요하다.

**3.2.1 굴곡도에 대한 해석**

“굴곡도”는 계통(노선이라고도 하나, 기종점을 포함하는 경로 전체의 의미) 선형에 대한 지표로서 계통인식성 정도에 관련된 지표로 볼 수 있다. 즉 기점에서 승차하여 종점에서 하차하는 이용자의 경우만 굴곡도가 우회(회)의 개념으로 적용될 수 있으나, 버스 이용자는 기점과 종점사이의 많은 정류소에서 승·하차가 불규칙하게

이루어지므로 이용자 O/D에 따라서 굴곡도가 큰 계통이라도 최단 거리로 이용하는 수요가 존재하며, 수요가 클 경우 그 계통은 필요한 계통이 된다.

굴곡도의 또 다른 문제점은 기·종점이 다른 왕복형 계통에서는 지표값 산정이 가능하나 기·종점이 동일한 순환형 계통 등에서는 지표값 산정이 불가능하다는 단점을 가진다.

따라서 굴곡도가 높은 노선은 계통인식성이 낮다는 것을 의미하게 되나, 곧 “돌아간다.” 라는 우회의 개념으로 해석하기에는 무리가 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 굴곡도 이외의 새로운 평가지표를 제설정하거나 굴곡도 지표의 계산방식을 수정하여 적용하는 방법 마련이 필요하다.

### 3.2.2 행정동 기반의 O/D 구축의 한계

행정동 기반의 O/D에서는 행정동 하나에 여러개의 정류장이 포함되어 버스 정류장별로 통행배정이 불가능하고 이로 인해 행정동 기반 O/D를 이용하여 수요를 예측하는 경우 실제와는 매우 상이한 결과 값을 나타내는 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 버스정류장 기반 O/D를 구축하여 실질적으로 이용자들이 원하는 통행경로를 분석하였다.

버스 정류장 기반의 O/D를 이용하는 분석방법은 기존의 행정동을 기반으로 하는 O/D에서 발생하던 문제점, 즉, 1개 행정동에 여러 개의 정류소가 포함되어 있는 경우 통행배정이 제대로 되지 않는 문제점 해결이 가능하여 정밀한 분석을 수행할 수 있게 되었다.

## 3.3 평가지표의 개선방법론

### 3.3.1 이용자 O/D를 고려한 굴곡도의 이해

실질적인 버스 이용자 측면에서는 자신이 이용하고 있는 버스노선이 얼마나 굴곡되어 우회하는지가 중요한 관심사일 것이다. 대부분의 승객들은 전체 버스노선에서 일정부분만 이용하기 때문에 전체노선의 굴곡도가 심하다고 하더라도 실제 이용하는 구간에서 느끼는 굴곡도는 낮을 수 있다.

전통적인 방식의 굴곡도의 개념은 기점 정류장과 종점 정류장간의 전체 운행거리와 최단거리로 운행했을 때의 직선거리 비율로 계산될 수 있으며, 실제로 기점에서 승차하여 종점까지 이용하는 승객은 거의 없을 것이다.

본 연구에서는 이러한 점에 착안하여 개별 이용자들의 통행패턴을 고려한 O/D를 분석하여 실질적인 굴곡도를 제시하고자 한다.

### 3.3.2 정류소 기반의 개별 이용자 O/D 구축의 필요성

버스 통행량 추정방법으로는 주로 4단계 모형을 이용한다. 이 방법은 관련된 사회경제지표 조사를 통해 4단계 모형 중에서 통행발생, 통행분포, 수단선택의 3가지 단계를 거쳐 간접적으로 추정하는

방법이다.

4단계 추정모형 적용하기 위해 우선 교통존(Zone)을 각각 설정하여야 하는데, 일반적으로 교통존은 자료의 수집과 이용이 편리한 행정구역별로 설정한다. 광주광역시의 경우 95개의 행정동으로 구성되어있으며, 자치구별로 동구 13개, 서구 18개, 남구 16개, 북구 27개, 광산구 21개로 구성되어있다.

최근까지의 추정된 광주광역시의 버스 통행량 자료들 역시 대부분 이와 같은 4단계 모형을 사용하였으며, 이러한 자료들 중 지난 2006년 시내버스 준공영제를 대비하여 시내버스 노선개편 시 발표된 O/D의 버스통행량 추정과정을 살펴보았다.

먼저 통행발생 단계에서 영향을 줄 수 있는 인구수, 종사자수, 취업자수, 거주학생수, 수용학생수, 자동차등록대수 등의 사회경제지표 자료를 활용하여 다중회귀분석법을 통해 통행발생량과 도착량을 추정하였으며 여기서 추정된 발생량과 도착량은 다음 단계인 통행분포 단계에서 이중제약 중력모형을 이용하여 출발지와 목적지로 구분하여 존별 분포를 하였다.

수단선택은 통행발생과 동시에 수행하는 통행단 모형을 적용하였으며 노선배분 단계에서는 분할배분모형을 적용하여 분석을 수행하였다. 이상에서와 같이 추정된 버스통행량의 O/D와 Network는 사회경제지표의 단위인 행정동 기반으로 구축되었다. 하지만 이와 같이 행정동 기반으로 구축된 버스통행량은 다음과 같은 문제점이 나타난다.

먼저, 4단계 모형을 이용하여 버스 통행량을 구축하는 것은 사회경제지표에 의한 추정값으로 실제의 승차자료에 비해 신뢰성이 낮다.

다음으로 버스 정류장의 영향권은 행정동보다 작기 때문에 행정동 내에 여러 개의 버스 정류장이 존재 할 경우 하나의 교통존에서 여러개의 정류장으로 노선배정을 할 수밖에 없게 된다. 이러한 이유로 기존의 행정동 기반 O/D로 통행 배정을 하는 경우 다음과 같은 문제점이 발생한다.

첫째, 승차인원이 없는 버스 정류장이 발생하게 되며 하나의 행정동에서 여러 개의 버스 정류장으로 노선을 배정할 경우엔 도착지에 가장 가까운 정류장으로 모두 집중되게 되는 문제점이 발생하게 된다. 또한 행정동 기반으로 버스수요를 추정할 경우에는 정류장들 중에서 가장 짧은 경로를 선택하기 때문에 행정동의 외곽에 위치한 정류장은 가운데에 위치한 정류장보다 통행 시간이 길게 되어 행정동 외곽의 정류장에는 통행배정이 이루어지지 않으며, 가운데에 있는 정류장에 대부분 통행배정이 되게 된다. 하지만 실제 버스 이용자들은 일반적으로 버스정류장을 기반으로 가장 짧은 통행거리를 찾아 이동하기 때문에 행정동 기반 모형으로는 이를 설명 할 수 없는 문제가 발생한다.

둘째, 행정동 기반 O/D를 사용하여 버스수요를 추정할 경우에는

전술한 바와 같이, 하나의 행정동에 여러 개의 버스 정류장이 위치하기 때문에 행정동 안에서 이동하는 내부통행량을 예측할 수 없는 문제도 발생하게 된다. 행정동 기반의 O/D는 동일한 행정동 내에서 지하철역이나 주요 유발 시설물 사이에 발생하는 통행은 무시하게 되기 때문에 실제 버스 수요보다 과소 추정되는 문제점이 발생한다. 개별 이용자들의 통행패턴을 고려한 굴곡도를 산정하기 위해서는 행정동 기반으로 구축되었던 기존의 O/D로는 분석에 한계가 있다. 이를 보완하기 위해 행정동 기반이 아닌 정류소 기반의 개별이용자 O/D의 구축이 필요하다.

이러한 방식을 통해 기존 방식의 굴곡도 지표 문제를 해결함과 동시에 개별이용자들 수요를 반영하여 굴곡도 검토가 불가능 했던 순환노선에 대한 분석까지도 가능할 수 있게 되었으며, 그림 Fig. 2에

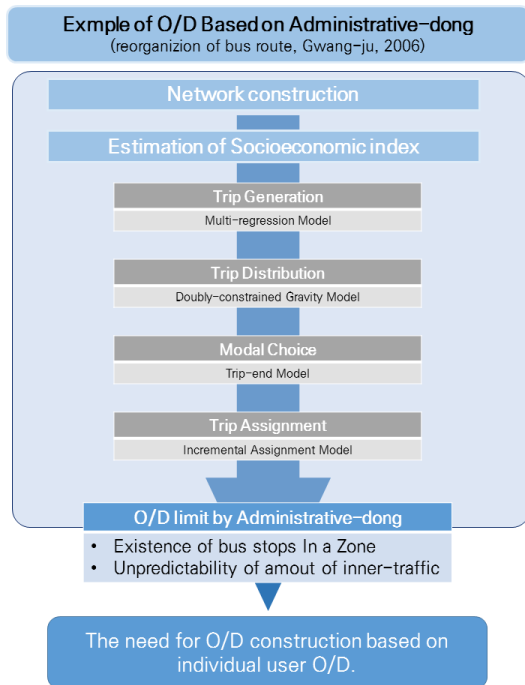


Fig. 2. Improved Method of Evaluation Index

시내버스 노선개편시 굴곡도 도입한 사례를 도식화 하여 제시하였다.

#### 4. 시내버스 노선체계 평가를 위한 평가지표 개선

##### 4.1 굴곡도 분석 절차

앞에서 기술한 바와 같이 굴곡도는 노선체계 평가 시 가장 중요한 지표중 하나지만, 이용자들의 통행 특성을 반영하지 못한다는 한계가 있었다.

본 장에서는 기종점 기반의 굴곡도와 정류소 기반의 개별이용자 행태를 고려한 굴곡도를 개념적으로 산정하여 그 차이를 분석한다.

##### 4.2 시내버스 노선체계 평가를 위한 O/D 구축

###### 4.2.1 행정동 기반의 Zone 설정 및 O/D 구축

###### 4.2.1.1 행정동별 존(Zone) 구분

광주광역시 95개의 행정동으로 구성되어있으며, 자치구별로 동구 13개, 서구 18개, 남구 16개, 북구 27개, 광산구 21개로 구성되어있다.

###### 4.2.1.2 행정동별 O/D 구축

95개의 행정동별 O/D 구축 결과는 Table 2와 같다.

###### 4.2.2 정류소 기반의 개별 이용자 행태를 고려한 O/D 구축

###### 4.2.2.1 정류소별 존(Zone) 구분

광주광역시 정류소는 광산구 792개, 북구 615개, 서구 355개, 남구 280개, 동구 180개로 총 2,222개소가 설치되어 있다.

본 연구에서는 2016년 광주광역시 시내버스 노선개편에서 사용한 교통카드자료와 버스노선 구성내역을 근거로 하여 구축된 O/D를 이용하였으며, 산정방식은 아래와 같다.

1. 교통카드데이터의 하루 단위로 이용자별 통행사슬 구축
2. 승차정류소와 하차정류소의 정보를 통해 O/D 구축

Table 2. O/D by Administrative-dong (Unit : Number of Case)

D \ O	Chungjang-dong	Dongmyeong-dong	Gyerim 1(il)-dong	Sansu 1(il)-dong	Sansu 2(i)-dong	...	Suwan-dong
Chungjang-dong	769	169	362	45	103	...	151
Dongmyeong-dong	214	29	40	30	25	...	0
Gyerim 1(il)-dong	410	50	235	0	0	...	6
Sansu 1(il)-dong	64	51	4	6	1	...	0
Sansu 2(i)-dong	413	240	10	6	28	...	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Suwan-dong	185	0	7	0	0	...	933

3. 하차정보가 없고 다음 통행의 승차정보를 알고 있는 경우 아래와 같은 방법으로 다음 승차정류소를 추정(Fig.3 참조)

승차지점  $i$  기준 다음의  $D_{ij}$  가 최소가 되는  $j$  지점을 하차정류소로 확정

$$D_{ij} = d1_{ij} + d2_{oj} \cdot w \quad (1)$$

여기서,  $d1_{ij}$  : 승차지점 I에서 하차지점 j까지 차내 이동거리  
 $d2_{oj}$  : 다음 승차지점 o에서 하차지점 j까지 직선거리  
 $w$  : 보정계수(차내거리 대비 도보거리에 대한 가중치)

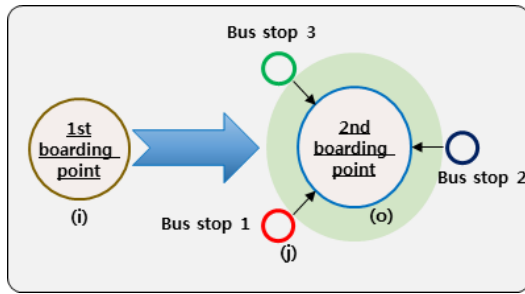


Fig. 3. How to Get off the Bus Stop (When There is no Information to Get Off)

### 4.3 시내버스 노선체계 평가를 위한 굴곡도 분석

굴곡도 지표의 재정립을 위하여 가상의 시내버스 노선망을 Fig. 4와 같이 설정하였다. 짧은 실선은 a 정류소에서 시작하여 j 정류소까지 운행하는 가상의 버스노선을 나타낸 것이다. 개념적인 분석을 위해 각 네트워크간의 거리는 단위거리인 1로 설정하였으며 a와 j는 가상계통의 기·종점(Terminal)이 된다.

#### 4.3.1 기종점 기반의 굴곡도 산정

기종점 기반의 굴곡도는 전체 노선에서 기·종점간의 운행거리와 최단거리간의 비로 정의될 수 있다. 본 연구에서는 가상의 계통도를 설정하여 단순화하여 접근하였다.

Fig. 4에서 기점을 a 정류소, 종점을 j 정류소라고 가정한다면, 전체 운행거리는 기점 정류소 a에서 가장 먼 j 정류소까지의 운행거리의 합으로 나타낼 수 있다.

여기서 기점 정류소 a에서 종점 정류소 j까지의 최단거리는 직선거리로 나타낼수 있다. 이러한 방법으로 기종점 기반의 굴곡도 산정을 위한 식은 다음과 같다.

$$C_t = \frac{\sum DL_{aj}}{DS_{aj}} \quad (2)$$

여기서,  $C_t$  : 기종점 기반의 버스노선 굴곡도

$DL_{aj}$  : 정류소 a ~ j 간 개별정류소 간의 누계 운행거리

$DS_{aj}$  : 기점정류소 a와 종점정류소 j간의 최단 직선거리

위의 식을 이용하여 산정한 개별 정류소간 운행거리 및 누계운행거리와 기종점간 최단거리는 다음 Table 3에서 보는 바와 같다.

#### 4.3.2 정류소 기반의 개별 이용자 행태를 고려한 굴곡도 산정

Fig. 4에서 나타낸 가상 시내버스 노선에서 실제로 버스를 이용하는 이용자는 기점(정류소 a), 종점(정류소 b)에서만 승하차가 이루어지는 것이 아니고 노선 상의 각 정류소에서 다양한 분포로 승하차가 이루어지므로, 각 정류소별로 승하차에 따른 굴곡현황을 파악할 필요가 있다.

본 연구에서는 정류소별 굴곡도를 산정하고 개별 이용자들의 정류소별 통행 O/D를 구축하여 이를 통하여 개별 이용자들의 통행패턴을 고려한 정류소별 굴곡도를 산정하였다. 이를 수식으로 나타내면 Eq. (3)와 같다.

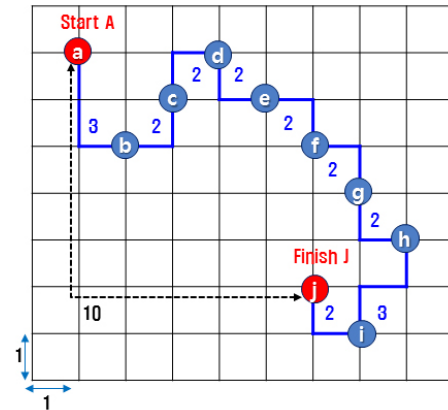


Fig. 4. Schematic Diagram of Virtual City Bus Route

Table 3. Travel Distance by Stop

Origin	Destination	Travel Distance	Total	Shortest Distance
a (start)	b	3	3	10
b	c	2	5	
c	d	2	7	
d	e	2	9	
e	f	2	11	
f	g	2	13	
g	h	2	15	
h	i	3	18	
i	j (Finish)	2	20	
Total		20	-	

Eq. (3)를 이용하여 정류소 기반 개별 이용자 O/D 고려한 굴곡도를 구하기 위하여 먼저, 가상 시내버스 노선상의 개별 정류소간 운행거리를 다음 Table 4와 같이 정리하였다. 예를 들어 정류소 c에서 정류소 f까지의 거리는 6이고, 정류소 e에서 정류소 i까지의 거리는 9이다.

$$C_{sp} = \sum \left( \frac{DL_{aj}}{DS_{aj}} \times \frac{P_{aj}}{P_t} \right) \quad (3)$$

- 여기서,  $C_{sp}$  : 정류소 기반 개별 이용자 O/D 고려한 굴곡도
- $DL_{aj}$  : 정류소 a-j의 개별정류소 간의 운행거리
- $DS_{aj}$  : 정류소 a-j의 개별정류소 간의 최단거리
- $P_{aj}$  : 정류소 a-j의 개별정류소 간의 이용자 O/D
- $P_t$  : 정류소 a-j간 개별정류소 간의 이용자 O/D 총계

다음으로 아래 Table 5에서는 개별 정류소별 최단거리 현황을 계산하였다. Tables 4 and 5를 비교해 보면 a에서 h까지 실질적으로

Table 4. Travel Distance by Stop

O \ D	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a		3	5	7	9	11	13	15	18	20
b	3		2	4	6	8	10	12	15	17
c	5	2		2	4	6	8	10	13	15
d	7	4	2		2	4	6	8	11	13
e	9	6	4	2		2	4	6	9	11
f	11	8	6	4	2		2	4	7	9
g	13	10	8	6	4	2		2	5	7
h	15	12	10	8	6	4	2		3	5
i	18	15	13	11	9	7	5	3		2
j	20	17	15	13	11	9	7	5	2	

Table 5. Shortest Distance by Stop

O \ D	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a		3	3	3	5	7	9	11	12	10
b	3		2	4	4	4	6	8	9	7
c	3	2		2	2	4	6	8	9	7
d	3	4	2		2	4	6	8	9	7
e	5	4	2	2		2	4	6	7	5
f	7	4	4	4	2		2	4	5	3
g	9	6	6	6	4	2		2	3	3
h	11	8	8	8	6	4	2		3	3
i	12	9	9	9	7	5	3	3		2
j	10	7	7	7	5	3	3	3	2	

운행거리는 15이지만, 최단직선거리로 갔을 경우에는 11이 된다. 이러한 차이를 통해 개별 정류소 구간의 굴곡도와 전체구간의 굴곡도는 분명 다른 특성을 나타낼 수 있다.

위에서 계산한 정류소별 운행거리현황과 정류소별 최단거리현황의 비를 통해 정류소별 굴곡도를 산정할 수 있다. Table 6은 정류소별 굴곡도를 산정한 결과이다. 각 구간별 굴곡도를 평균하면 전체 굴곡도를 산정할 수 있다.

여기에 개별 이용자들의 통행수요를 고려하기 위해 노선별 정류소별 O/D가 필요하다. Table 7은 가상노선을 이용하는 승객들의 O/D를 가정한 값이다.

Table 6에서 산정한 정류소별 굴곡도에 개별 이용자들의 통행수요를 고려하기 위해 Table 7에서 구한 가상의 승객들의 O/D를 반영하였다. 이는 정류소별 굴곡도에 이용자들의 수요를 반영함으로써 단위 구간에 대한 가중치가 반영되어 보다 합리적인 굴곡도 값을 산정하기 위함이다. Table 8은 정류소 기반 개별 이용자들의 O/D를 반영한 굴곡도 현황이다.

보다 쉬운 이해를 위해 예를 들어 설명하면 Table 8의 a-d간의

Table 6. Curvature by Stop

O \ D	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a		1.0	1.7	2.3	1.8	1.6	1.4	1.4	1.5	2.0
b	1.0		1.0	1.0	1.5	2.0	1.7	1.5	1.7	2.4
c	1.7	1.0		1.0	2.0	1.5	1.3	1.3	1.4	2.1
d	2.3	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	1.9
e	1.8	1.5	2.0	1.0		1.0	1.0	1.0	1.3	2.2
f	1.6	2.0	1.5	1.0	1.0		1.0	1.0	1.4	3.0
g	1.4	1.7	1.3	1.0	1.0	1.0		1.0	1.7	2.3
h	1.4	1.5	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0		1.0	1.7
i	1.5	1.7	1.4	1.2	1.3	1.4	1.7	1.0		1.0
j	2.0	2.4	2.1	1.9	2.2	3.0	2.3	1.7	1.0	

Table 7. O/D Status of Individual Users Based on Stops

O \ D	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a		2	1	8	3	1	0	1	0	0
b	2		2	5	1	2	1	0	0	0
c	1	2		3	0	1	2	0	1	0
d	8	5	3		2	4	6	0	2	1
e	3	1	0	2		2	0	5	6	0
f	1	2	1	4	2		5	2	1	0
g	0	1	2	6	3	5		0	3	1
h	1	0	0	3	5	2	0		1	1
i	0	0	1	2	6	1	3	1		0
j	0	0	0	1	0	0	1	1	0	



Table 8. Curvature Considering Bus Stop-Based the Individual User O/D

O \ D	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
a	0.00	0.01	0.01	0.12	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
b	0.01	0.00	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
c	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00
d	0.12	0.03	0.02	0.00	0.01	0.03	0.04	0.00	0.02	0.01
e	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.05	0.00
f	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00
g	0.00	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03	0.00	0.00	0.03	0.01
h	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
i	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00
j	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00

개별이용자들의 O/D를 반영한 굴곡도인 0.12는 Table 6의 a-d정류소간 굴곡도인 2.3에 Table 7의 a-d간 가상의 이용자들의 전체 이용자에게 대한 가중치(8/158)를 반영한 값이다.

4.3.3 기존 굴곡도와 정류소 기반의 O/D를 고려한 굴곡도 비교

앞서 설명한 기종점 기반의 굴곡도와 정류소 기반 개별이용자 O/D를 고려한 굴곡도를 수식에 의하여 구하면 다음과 같다.

먼저, 기종점 기반의 버스노선 굴곡도는 Eq. (4)에 의해서 다음과 같다.

$$C_t = \frac{DL_{ab} + DL_{bc} + \dots + DL_{hi} + DL_{ij}}{DS_{aj}} \quad (4)$$

$$= \frac{3 + 2 + \dots + 3 + 2}{10}$$

$$= 2.000$$

다음으로, 정류소 기반 개별이용자 O/D를 고려한 굴곡도는 Eq. (5)에 의해 다음과 같다.

$$C_{sp} = \left(\frac{DL_{ab}}{DS_{ab}} \times \frac{P_{ab}}{P_t}\right) + \left(\frac{DL_{ac}}{DS_{ac}} \times \frac{P_{ac}}{P_t}\right) + \dots \quad (5)$$

$$+ \left(\frac{DL_{hj}}{DS_{hj}} \times \frac{P_{hj}}{P_t}\right) + \left(\frac{DL_{ij}}{DS_{ij}} \times \frac{P_{ij}}{P_t}\right)$$

$$= \left(\frac{3}{3} \times \frac{2}{158}\right) + \left(\frac{5}{3} \times \frac{1}{158}\right) + \dots$$

$$+ \left(\frac{5}{3} \times \frac{1}{158}\right) + \left(\frac{2}{2} \times \frac{0}{158}\right)$$

$$= 1.340$$

가상 노선망에서 정류소 기반 개별이용자 O/D를 고려한 굴곡도의 값은 1.340으로써 기존 개념인 기종점 기반의 굴곡도인 2.0과 상당히 상이한 것을 알 수 있다. 즉, 단순히 기종점 기반의 굴곡도는 노선의 특성을 적절히 설명하지 못하고 있음을 의미하며 실제 이용자들은 굴곡도가 2.0으로 높지만 본인들이 가고자 하는 목적지까지의 통행에 있어서는 이용에 불편함을 느끼지 않다는 것을 알 수 있다.

4.4 사례분석 : 광주광역시 시내버스 노선

4.4.1 광주광역시 시내버스 노선 현황

4.4.1.1 광주광역시 시내버스 노선 현황

광주광역시의 시내버스는 총 98개 노선으로 운영되고 있으며, 이 노선은 기능에 따라 3가지 유형으로 구분된다. 유형별 운행노선 수는 급행간선 5개, 간선 30개, 지선은 63개 노선으로 구성되어 있다.

4.4.1.2 시내버스 노선별 이용자 현황

현재 운행 중인 시내버스 노선별 일일 이용자 현황은 승차기준으로 약 419천여명이 이용을 하고 있고 노선별 평균 약 4,200명이 이용을 하고 있다.

4.4.2 광주광역시 시내버스 사례노선 선정

사례노선을 선정하기 위해 우선 현재 운행 중인 광주광역시 시내버스 노선의 운행거리, 운행시간, 운행횟수, 정차정류소 등의 현황을 검토하여 광주광역시 시내버스의 운행 특성을 분석하고 특히 급행노선과 간선노선의 경우 기존 방식의 굴곡도 현황을 분석하여 이중에서 노선조정이 필요하다고 판단되는 노선을 선정하여 본 연구에서 제시한 방법으로 기종점 기반의 굴곡도 및 정류소 기반의 개별이용자 O/D를 고려한 굴곡도를 산정하고자 한다.

4.4.2.1 시내버스 노선분석

시내버스 노선 분석을 위해 노선운행거리, 노선운행시간, 운행횟수, 노선 유형별 정차정류소수, 중복도, 굴곡도 등을 검토하여 사례노선을 선정하였다.

4.4.2.2 사례노선 선정

광주광역시 시내버스 노선분석 결과 노선운행거리의 평균값은 20~30 km, 운행시간은 70분 전후, 운행횟수는 100회 전후, 그리고 정차정류소는 약 100개 전후였으며 계통별 굴곡도는 급행 1.51, 간선 1.68, 지선 1.82로 분석되었다.

일반적으로 급행과 간선은 이동성이 중요하고 지선은 접근성이 중요하기 때문에 지선의 경우 굴곡도가 크더라도 노선조정 대상에서 제외되는 경우가 많다.

Table 9. Case Route Selection

Divison	Route	Travel Distance (km)	Shortest Distance (km)	Curvature
Express	Seat02	41.6	22.3	1.87
	Pungam06	17.5	14.3	1.22
	Jinwol07	21.7	14.9	1.46
	Cheomdan09	27.0	18.3	1.48
Main	Pungam16	28.7	17.4	1.65
	Jinwol17	23.4	13.9	1.68
	Munheung18	21.9	14.5	1.51
	bongseon27	29.9	17.6	1.70
	Cheomdan30	23.3	9.7	2.40
	Songam31	14.1	6.6	2.14
	Geumho36	22.5	13.9	1.62
	Munheung39	29.5	13	2.27
	Jiwon45	21.4	13.8	1.55
	Geumho46	27.2	15.4	1.77
	Songam47	27.4	15.6	1.76
	Geumnam58	11.0	6.9	1.59
	Geumnam59	25.1	7.5	3.35
	Songam72	29.0	14.8	1.96
	Songjeong98	31.6	16.6	1.90

이에 본 연구에서는 Table 9와 같이 굴곡도 분석이 중요한 지표로 적용되는 급행노선 전부와 간선노선 중 노선조정이 필요하다고 판단 되는 굴곡도 1.5 이상이 되는 노선을 사례노선으로 선정하여 기존 굴곡도 분석과 정류소 기반의 O/D를 고려한 굴곡도 분석 결과를 비교하였다.

4.4.3 광주광역시 시내버스 사례노선 분석

본 연구에서 제시한 방법대로 사례노선들의 굴곡도를 분석한 결과 Table 10과 같이 나타났다. 전반적으로 정류소 기반 개별이용자 O/D를 고려한 굴곡도는 기종점 기반 굴곡도 보다 낮게 나타나는 경향이 있었으며 송암47번 같은 경우는 반대로 더 높게 나타났다.

5. 결론 및 향후 연구과제

5.1 결론

광주광역시를 비롯한 여러 대도시에서 공간구조 및 통행패턴의 변화, 신규개발에 따라 주기적으로 시내버스의 노선개편을 단행하고 있지만 노선에 대해 종합적으로 평가할 수 있는 평가지표의 정립이 명확하지 않거나 합리적이지 않는 경우가 있어 버스노선

Table 10. Flexibility Analysis by Case Route

Case Route	Curvature Based O/D	Curvature Considering Bus Stop-Based the Individual User O/D
Seat02	1.87	1.35
Pungam06	1.22	1.26
Jinwol07	1.46	1.15
Cheomdan09	1.48	1.49
Pungam16	1.65	1.61
Jinwol17	1.68	1.42
Munheung18	1.51	1.36
bongseon27	1.70	1.57
Cheomdan30	2.40	1.87
Songam31	2.13	1.49
Geumho36	1.62	1.54
Munheung39	2.27	1.43
Jiwon45	1.55	1.33
Geumho46	1.77	1.77
Songam47	1.76	1.85
Geumnam58	1.59	1.31
Geumnam59	3.35	1.74
Songam72	1.96	1.53
Songjeong98	1.90	1.55

개편 시 개선방향 설정에 어려움이 있는 실정이다.

본 연구에서는 기존의 평가지표들에 대해 고찰을 실시하고 이중 문제가 있는 지표들에 대해 추가적인 검토를 수행하여 문제를 발견하고 이에 대해 개선지표를 제시하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 굴곡도는 노선체계 평가시 매우 중요한 지표로 활용되어 왔었지만 기존의 기종점 기반의 굴곡도는 개별이용자들의 통행특성을 고려하지 못하는 한계점이 있어 노선별 정류소기반 O/D를 구축하고 정류소기반 개별이용자 O/D를 고려한 굴곡도 지표를 새롭게 제시하였다.

둘째, 가상의 시내버스 노선망을 설정하고 기종점 기반의 굴곡도와 정류소 기반의 개별이용자 O/D를 고려한 굴곡도를 각각 산정한 결과값이 상이하게 나왔다. 이는 실제 이용자들이 느끼는 굴곡도와 단순히 물리적으로 기종점을 기준으로 산정한 굴곡도와는 큰 차이가 있음을 의미한다. 이러한 차이는 현재 각 지자체에서 노선개편시 굴곡도를 기준으로 개편 대상노선을 선택함에 따라 기존의 기종점 기반의 굴곡도를 기준으로 개편시 불필요한 노선개편이 발생 할 수 있음을 의미하며 이로 인해 운송원가 증가와 이용자 불편사항이 가중될 수 있으므로 정류소 기반의 개별이용자 O/D를 고려한 굴곡도 분석이 병행되어야 할 것으로 판단된다.

셋째, 실제 광주광역시 시내버스 노선 중 급행과 간선노선 중 일부 사례 노선을 선정하여 기존 기종점 기반의 굴곡도와 정류소 기반 개별이용자 O/D를 고려한 굴곡도를 비교한 결과 각각 상이한 결과가 나타났으며 이는 이론적으로 예측하였던 기종점 기반의 굴곡도와 정류소 기반의 개별 이용자 O/D를 고려한 굴곡도와와의 차이가 분명히 나타나고 있음을 의미하며, 단순히 기종점 기반의 굴곡도는 노선의 특성을 적절히 설명하지 못하고 있음을 다시 한번 검증해주고 있다.

본 연구를 통해서 개발된 정류소 기반의 개별이용자 O/D를 고려한 굴곡도를 통해 시내버스 노선체계 평가시 보다 효율적이며 실질적인 수행에 기여할 것으로 판단되며 광주광역시뿐만 아니라 향후 타 지자체에서 수행하는 시내버스 노선개편시에도 활용 할 수 있을 것으로 판단된다.

## 5.2 향후 연구과제

본 연구에서 제시한 시내버스 노선체계 평가지표는 시내버스 노선개편시 유용하게 활용될 것으로 판단되지만, 다음과 같은 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

먼저, 본 연구에서는 문제가 있는 지표인 굴곡도 지표의 개선안을 제시하였으나 노선개편은 이동성, 접근성, 형평성, 효율성 등 다양하고 종합적인 관점에서 검토가 진행되어야하는 바, 각 지표들 간의 중요도에 대한 가중치에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

또한, 효율적인 시내버스 노선개편 및 운영을 위해서는 지정 기준뿐만 아니라, 개편 이후 사후관리 및 모니터링에 관한 연구도 필요할 것으로 사료된다.

아울러 본 연구는 시간적·공간적 한계 등으로 비용편익 관련 자료 수집이 어려움이 있어 분석을 제외하였으며, 향후 굴곡도 이외에 비용편익을 통한 사회적 비용에 대한 연구가 병행되어야 할 것이다.

## References

- Kim, D. W. (2000). "Study on developing and unifying method of urban bus transit evaluation index." *Korea Planning Association*, Vol.107, No.2, pp.93-104.
- Kim, K. H. (2017). *A study on optimal allocation of bus routes for multi bus stop*, Ph.D. Thesis, Seoul National University.
- Ko, S. Y. (1999). "A study on the efficiency of bus routing." *Journal of Industrial Technology Research Institute, Myongji University*, Vol.18, pp.187-192
- Lee, Y. H. (1998). *A study on evaluation criteria and methods for reorganizing bus routes*, M.S. Seoul National University Graduate School.
- Yang, S. G. (2009). *Development of accessibility and equity indicators for evaluation of city bus route system \_focused on daejeon metropolitan city*, M.S. Mokwon University.