

# 이동수요 데이터 기반 대중교통 사각지대 발굴과 중소도시형 DRT 구역 설정: 창원시 사례를 중심으로

정 하 영\*

## 국문요약

본 연구는 이동 수요와 공급 간 미스매칭을 고려하기 위해 유동인구와 버스이용량 데이터를 활용하여 지역 내 대중교통 사각지대를 발굴하고 중소도시형 DRT 도입 우선 구역 설정 방법론을 제시하고자 하였다. 이를 위해서 문헌 검토를 통해서 대중교통 사각지대와 중소도시형 DRT 구역의 개념을 검토하고, 사례 연구를 통해 이동수요분석과 이동 네트워크 분석을 실시하여 실질적인 이동수요는 있으나 버스 이용 이동이 없는 버스 사각지대를 파악하였다. 그 결과 창원시는 마산합포구 구도심과 진해구 구도심과 도시 외곽에 위치하는 농촌생활권(진전면, 대산면, 구산면)들을 연결하는 네 구간을 DRT 도입 우선 지역으로 식별하였다. 본 연구의 결과는 지방 중소도시의 대중교통의 질을 담보할 수 있는 중소도시형 DRT운영에 필요한 기초 자료로써 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주제어: DRT, 이동수요분석, 이동 네트워크 분석, 수요 데이터 기반 의사결정, 탐색적 연구

## I. 서론

대중교통은 사회적 포용(social inclusion)의 기초적인 이행수단으로, 일자리, 교육, 여가활동, 건강 등 필수 서비스에 남녀노소 시민 누구나 쉽게 접근할 수 있도록 하여 시민들의 생활과 행복 증진에 기여한다.

저출산·고령화가 급속하게 진행되고 있는 지방 도시들은 대중교통 이용 수요의 감소와 대중교통 서비스 불균형이라는 두 가지 문제에 봉착해있다(박기준 외, 2019). 한정된 지방 재원으로 현행 문제들을 극복하기 위해서는 시시각각 변화하는 대중교통 수요를 실시간으로 파악하고 공급을 매칭시키는 것이 최적의 방안이다.

대표적인 수요-공급 매칭 방안으로 수요응답형 대중교통 서비스(Demand Responsive Transport, DRT)가 도입되어 대중교통 수요가 매우 적은 농어촌 과소지역을 중심으로 운영되고 있다(기정훈과 정준철, 2019; 박기준 외, 2019). DRT는 이용자가 대중교통 서비스를 이용하겠다고 요

\* 제1저자

청(콜센터나 모바일 앱을 통해 호출)하면 다른 요청들을 통합하여 운행 노선과 시간을 결정하는 방식이다. 최근에는 서울-경기 간 수요응답형 광역교통서비스(Metropolitan-Demand Responsive Transit, M-DRT)에 적용하여 대기시간을 줄이고, 환승 횟수를 감소시켜, 광역이동을 빠르게 하는 등 다양한 시도가 이루어지고 있다(국토교통부, 2023). 또한 경기도의 경우 지역 내 수요응답형 교통서비스 '뚝버스'를 운영하여 기존 시내버스와 달리 이용자들이 원하는 승차지점과 승하차 시간을 실시간으로 산출하여 노선을 생성하고 유사 경로 승객과 합승하는 방식으로 운행된다.

한편 지방중소도시의 경우 공간적 범위가 광범위하여 대중교통 최소서비스 수준에 미달하지만 대중교통정책에서 소외되는 동(洞)이 다수 존재하는 대중교통 사각지대가 발생한다(박종일 외, 2023). 이러한 지방중소도시의 특징을 고려하여 시내버스 및 지하철 등 기존 대중교통이 접근하기 어려운 대중교통 사각지대와 대중교통 서비스를 연계할 수 있는 중소도시형 DRT도입이 필요하다. 스페인 바르셀로나의 토레 바로(Torre Baro) 지역에서 운영 중인 엘뮤버스(elMeuBus)는 중소도시형 DRT의 예로 주목할 수 있다. 엘뮤버스는 우리나라의 마을버스와 유사하며 좁은 길, 경사로 운행이 가능하고, 바르셀로나 내 통합요금제를 사용하고 있으며, El Farro-Galvany, Montbau-la Vall d'Hebron, Torre Baro Nord, Torre Baro Sud, Vallbona 등 5개 구역에서 운영 중으로 지하철, 버스, 공유 자전거 등 대중교통 연계 서비스를 제공하고, 이용 수요가 발생하는 주요 지점(병원, 식당, 교회 등)을 중심으로 별도의 정류장을 설치하고, 교통약자를 위한 좌석확보와 실시간 예약 구간 최단 경로 운행 등으로 이용 편의를 높이고 있다(박준식과 정동우, 2023).

창원시도 2023년 11월 22일부터 도심지역에 DRT 서비스인 '누비다 버스'를 창원중앙역~중앙대로~창원병원 구역 내 54개 버스정류장을 대상으로 시범 운영을 시작하였다. 그러나 현행 누비다 버스 구역은 주요간선도로로 S-BRT를 포함한 많은 시내버스 노선과 중복되어 사각지대 해소와는 거리가 멀어 실효성이 중소도시형 DRT로써 실효성을 기대하기 어렵다.

이에 본 연구에서는 실질적인 이동 수요에 기반 한 대중교통 사각지대 발굴과 DRT 구역 설정 방법론을 검토하고자 한다. 이를 위해서 우선 문헌검토를 통해서 대중교통 사각지대와 중소도시형 DRT 구역의 개념을 검토하고, 유동인구 공간데이터를 활용하여 대중교통 사각지대 발굴 방법과 DRT 구역 설정 방법론을 제시한다. 그리고 창원시 사례 연구를 통해 본 연구에서 제시한 방법론의 유의성을 검토하여 정책 시사점을 제시한다.

본 연구의 결과는 지방 중소도시의 대중교통의 질을 담보할 수 있는 중소도시형 DRT 운영에 필요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

## II. 대중교통 사각지대와 중소도시형 DRT 구역

### 1. 대중교통 사각지대

'대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률(약칭: 대중교통법)' 제16조에 따라서 해마다 국토교

통부 산하 교통안전공단에서 대중교통 최소 서비스 수준(시간적 접근성과 공간적 접근성)을 조사하여 이에 미달하는 지역을 대중교통 사각지대라고 정의하고 있다. 쉽게 말해서 대중교통 사각지대는 버스의 배차 간격이 길거나 버스 정류장이 부족한 지역을 말한다.

대중교통 사각지대를 발굴하기 위해서는 대중교통 최소 서비스 수준을 어떻게 정의하고 측정할 것인가가 중요한 논의 대상이다. 정부의 농어촌서비스 기준에서는 도보 15분 거리 내 버스정류장에서 노선버스, 순환버스 등 대중교통을 하루 3회 이상 이용할 수 있고, 수요 부족으로 대중교통 운행이 어려운 지역은 수요대응형 준공공교통 프로그램을 도입한다고 서비스 수준을 획일적으로 설정하고 있다(고용석 외, 2011). 이는 대중교통계획 시 수요가 우선시되기 때문에 도시보다는 농어촌 지역의, 도심부보다 외곽지역의 대중교통서비스 공급이 부족하게 되어 지역 간 불균등 공급 문제를 발생시키는 주요 원인이 되고 있다(배운경, 2015)). 지역 간 불균등 문제를 해소할 수 있는 대중교통 최소 서비스 수준을 마련하는 것이 중요하며 이에 대한 연구가 지속적으로 이루어져 왔다.

〈표 1〉 대중교통 최소 서비스 측정 및 대중교통 사각지대 분석 선행연구

선행문헌	구분	
	대중교통 최소 서비스 측정 지표	대중교통 사각지대 분석 결과
고용석 외 (2011)	버스이용이 기준시간 내에 가능, 버스통행, 버스노선의 수해범위, 버스노선의 배차간격, 최저교통비로 버스이용 가능정도, 통학, 통근 업무 쇼핑 등 서비스 접근 시간	산악지형이 많은 지역
배운경 (2015)	형평성(통행비용 대비 통행시간, 소득효과 고려 통행비용 대비 통행시간)	저밀도 지역의 접근시간이 가장 길며, 소득이 높지 않은 만큼 통행이 일어나지 않는다.
이진수 외 (2016)	접근성, 운행횟수, 서비스시간, 혼잡도, 정시성, 안전성, 노선중복도, 노선굴곡도, 대중교통경쟁력, 지역 간 연결성	사각지대는 행정구역 면적이 넓고, 인구밀도가 낮은 지방 중소도시가 많다.

고용석 외(2011)는 대중교통 최소 서비스 측정 지표로 서비스 가능 정도를 기준으로 서비스 지역 면적 비율을 계산하여 대중교통 사각지대를 분석하여 산악지형이 많은 지역들이 기준에 미달하는 것을 확인하였다.

배운경(2015)은 교통계획 시 수요가 우선시되기 때문에 도심부보다 외곽지역의 대중교통서비스 공급이 부족하여 지역 간 불균등 공급 문제가 발생한다고 지적하며, 소득을 고려한 대중교통서비스 형평성 평가 지표를 제안하고, '대중교통환승실태 및 이용자만족도조사' 데이터를 활용하여 전국 시군구 단위의 대중교통서비스 형평성 평가와 군집분석을 실시하여 저밀도 지역의 접근시간이 가장 길며 소득이 높지 않은 만큼 통행이 일어나지 않는 것을 확인하였다.

이진수 외(2016)는 접근성, 운행횟수, 서비스시간, 혼잡도, 정시성, 안전성, 노선중복도, 노선굴곡도, 대중교통경쟁력, 지역 간 연결성의 10개를 대중교통 최소서비스 측정 지표로 선정하여 전국 동(洞) 단위를 대상으로 지역 내 그리고 지역 간 대중교통 사각지역을 분석하여 행정구역 면적이

넓고, 인구밀도가 낮은 지방 중소도시에서 대중교통 사각지역이 높은 것을 확인하였다.

이들 선행연구들은 대중교통 인프라 즉, 대중교통 서비스 공급 데이터(버스 정류장 위치 데이터와 버스 운영 데이터)를 중심으로 대중교통 최소 서비스 측정 지표를 개발하고 대중교통 사각지역을 발굴하려고 시도하였다.

한편 중소도시형 DRT 서비스를 검토하기 위해서는 대중교통 서비스 수요에 대한 정확한 이해가 선행되어야 한다. 대중교통 서비스 공급 데이터에만 근거하여 DRT를 구현하는 것은 수요-공급 미스매칭으로 인해 서비스 불균형, 불필요한 운행 및 자원 낭비로 인한 비효율성, 이용자들의 기대를 충족시키지 못하고 서비스의 신뢰성과 만족도를 저하시키는 등의 문제를 야기할 수 있다.

이러한 문제점을 극복하기 위해서 본 연구는 실질적인 대중교통 서비스 수요를 파악할 수 있는 유동인구와 버스이용량 데이터를 활용하여 '서비스 수요에 비해 서비스 공급이 부족한 대중교통 사각지역'을 식별하는 계량적 방법론을 제시하는 점에서 선행연구와의 차별성을 가진다. 그리고 실시간으로 변화하는 수요에 반응할 수 있는 중소도시형 DRT의 성공 모델을 만들기 위해서는 잠재적 이동 수요가 언제 어디에 어느 정도 필요한지 이동 네트워크를 고려한 DRT 서비스 구역을 최적화하는 것이 중요하다. 이러한 관점에서 유동인구 데이터를 활용하는 것은 수요-공급 미스매칭 장소와 대중교통 수요가 공급에 비해 어느 정도 과다한지 그 정도를 정확하게 판단하는데 매우 유용하다.

## 2. 중소도시형 DRT

그간 중앙정부의 대중교통 관련 정책은 대도시와 농어촌지역에 중점을 두고 진행되어 오면서 상대적으로 지방중소도시의 대중교통 여건이 열악해지고 있으며, 더욱이 지방중소도시의 인구감소가 대중교통 서비스 수준의 저하로 이어지는 악순환이 반복되고 있다(박종일 외, 2023).

이에 규제 샌드박스 제도를 통해 도시형 DRT 실증을 지원하고 있다. DRT는 사회적 포용성과 서비스 접근성 향상을 위해 고정 경로의 대중교통 서비스를 보완하고 밀도가 낮은 지역과 하루 중 수요가 적은 시간대의 이동성을 향상시킬 수 있으며, 하나의 서비스로 집에서 학교로, 직장으로, 의료 서비스로, 다양한 이동 요구를 충족시킴으로써 자가용 이동을 대체하여 탈탄소화에도 기여할 수 있는 지역 교통망으로써 기대가 높다.

〈표 2〉 지방중소도시형 DRT 운영 선진 사례 검토

구분	사례	주요 내용
영국	저스트고 (Just Go)	노스린컨셔주의 플레이스 리터라시 프로그램(North Lincolnshire Place Literacy Program)은 중소도시 대상의 대중교통 개선프로그램으로 도심과 외곽 지역을 연결하는 대중교통 범위 최적화 기술을 적용한 DRT시스템 Just Go를 운영하여 지역 커뮤니티의 교통 접근성을 향상시키고, 특히 고령자나 장애인 등 교통약자의 대중교통 이용 기회를 제공하고 있다.
영국	Arup	기존의 운행 빈도가 적은 DRT 서비스를 개선하여 운행 빈도가 높은 간선 버스나 택시와 연계한 도시거리 통합형 DRT인 DRTville 교통시스템(DRTville's transport system)을 제시하고, 교통환경 변화에 대응할 수 있는 미래형 DRT 서비스로 진화하고 있다.
웨일즈	Bwcbus	전통적인 고정 노선과 수요 반응형 노선을 모두 제공하는 도심과 외곽지역을 연결하는 커뮤니티 연결형(Connecting Communities) DRT이다. 그러나 2023년 버스 운행이 시작되기 전 14년 만에 자금 부족으로 운행이 중단되었다.
스페인	엘뮤버스 (elMeuBus)	바르셀로나의 토레 바로(Torre Baro) 지역에서 운영 중인 엘뮤버스(elMeuBus)는 좁은 길, 경사로 운행이 가능하고, 바르셀로나 내 통합요금제를 사용하고 있으며, El Farro-Galvany, Montbau-la Vall d'Hebron, Torre Baro Nord, Torre Baro Sud, Vallbona 등 5개 구역에서 운영 중으로 지하철, 버스, 공유자전거 등 대중교통 연계 서비스를 제공하고, 이용 수요가 발생하는 주요 지점(병원, 식당, 교회 등)을 중심으로 별도의 정류장을 설치하고, 교통약자를 위한 좌석확보와 실시간 예약 구간 최단 경로 운행 등으로 이용 편의를 높이고 있다.
네덜란드	Breng Flex	2016년에 시작된 Arnhem 및 Nijmegen 지역을 운영하는 도시형 DRT 서비스로 대기 시간은 10분 미만으로 환승이 적어 이용객 수가 지속적으로 늘고 있으며, 기차역 이용객이 많이 활용하고 있다.
미국	OmniLink	날씨, 교통 등 수요 변동성을 고려할 수 있도록 ITS를 도입하여 운행 횟수와 정시성 간의 균형을 유지

출처: Jain et al(2017), ARUP(2023), WorldBank(2024)

선진 사례 검토를 통해 지방중소도시에서 DRT 서비스가 어떻게 운영되고 있고, 어떤 성과를 거두고 있으며, 어떤 문제점이 있는지를 살펴보고 이를 우리 지역에 적용할 수 있는 정책적·제도적 시사점을 얻을 수 있다. 영국, 스페인, 네덜란드, 미국 등에서는 ITS를 접목한 DRT 서비스 이용자 예약 플랫폼을 구축하여 최적의 운행 노선을 실시간으로 만들고, 기존 노선과 별도의 정류장을 두고 철도와 고정 노선 버스와 연계하여 대기 시간과 환승 불편을 줄이고 병원, 관공서 등 이용 수요가 많이 발생하는 도심 내 주요 지점을 연결하여 이용객의 편의를 높임으로써 이용자가 지속적으로 증가하는 성과를 보이고 있다.

이러한 성과는 좁은 길이나 경사로 등 해당 지역의 지리적 특성을 고려하여 서비스의 범위를 확대하고, 임산부, 고령자, 장애인 등 교통약자의 좌석을 확보하여 사회적 평등과 포용성을 증진시키고, 이용자가 사전에 계획한 일정에 따라 정해진 시간에 출발하고 도착할 수 있는 정시성을 확보하여 서비스의 신뢰성과 효율성을 제고함으로써 더 많은 사람들이 더 다양한 시간과 장소에 이동하여 활동할 수 있도록 공공 대중교통 범위를 확대했기 때문에 지속가능할 수 있는 것이다.

한편 Jain et al(2017)은 DRT 주요 이용자들의 특징 11가지를 확인하였는데, 그것은 연령(15~24

세), 연령(55세 이상), 여성, 무직, 무면허, 가구당 차량수가 적은 경우, 저소득층, 1인 가구, 인근 광역교통 부족한 경우, 대기 시간이 긴 경우, 대중교통을 이용하기 위한 도보 이동 시간이 많은 경우로 확인되었다.

중소도시형 DRT 서비스 구역 설정에서 중요한 것은 우선 주요 이용자들이 있는 곳을 파악하고, 다음으로 이용 수요가 발생하는 주요 지점을 파악하고, 이 두 지역을 연결하는 도심거리 통합형 대중교통 범위 최적화가 필요하다.

본 연구에서 제시하고자 하는 유동인구 데이터 기반 DRT 구역 설정 방법론은 이용자들이 DRT 서비스를 필요로 하는 곳과 시간을 정확하게 예측할 수 있기 때문에 보다 효율적인 노선 계획을 수립할 수 있다. 특히 주요 이용자들의 시간대별, 요일별 수요 패턴을 분석하고, 이를 기반으로 운행 빈도나 차량 배치 등의 운영 일정을 최적화할 수 있으며, 향후 잠재적 수요 예측 모델을 개발하는 데 유용하다.

### Ⅲ. 연구 방법 및 사례 분석

#### 1. 데이터 수집

〈표 3〉 데이터 목록

데이터셋	데이터명	시점	출처
인구정보	행정동별 인구	2021	통계청 국가통계포털
유동인구	행정동별 이동인구(일평균)	2021	창원시 빅데이터 포털
버스 이용량 지표	수단통행량(발생량)	2021	교통카드 빅데이터 통합정보시스템
이용객수요(O/D)지표	일반버스O/D	2021	교통카드 빅데이터 통합정보시스템
지형정보	(센서스경계)행정구역 경계	2017	국가정보포털
행정동코드	행정동코드	2017	행정 표준코드 관리시스템

2021년 기준 창원시의 행정동은 55개이며, 거주인구는 총 1,045,601명이다. 성별로는 남자 530,810명, 여자 514,791명이며 시군구별로 보면 의창구는 220,828명, 성산구는 254,954명, 마산합포구는 183,268명, 마산회원구는 188,647명, 진해구는 197,904명이다.

유동인구는 통신사의 측위기술로 집계되는 데이터로 실거주 행정동(origin)에서 타 행정동(destination)을 방문하여 30분 이상 체류한 경우를 이동량으로 정의하고 있으며, 본 연구에서는 2021년 1월부터 12월까지 1년간 실거주 행정동을 기준으로 모든 타 행정동으로 이동한 일평균 이동량을 유동인구로 정의하였다. 총 데이터 825,897개를 분석에 활용하였다. 분석 데이터의 총수는 기간(365일), 행정동(55개), 성별(남녀), 연령(10대~70대 이상)의 조합에서 관외 유동인구, 이동이 없는 행정동, 성별, 연령의 결측치를 제외한 유효 데이터의 총수를 뜻한다.

## 2. 이동 수요 분석


이동 수요 분석에는 유동인구와 버스이용량을 활용하였다. 우선 행정동별 유동인구를 집계하였다. 다만 유동인구는 다른 행정동에서 해당 행정동으로 유입된 이동뿐만 아니라 해당 행정동 내를 순환하는 이동을 포함하기 때문에 서로 다른 두 행정동 간 이동분석에 유동인구를 그대로 활용할 수 없다. 따라서 유동인구와 거주인구의 차를 합으로 나눈 비율(이하 유동비율이라 함)을 <식-1>과 같이 정의하였다. 이 식은 두 변수 간의 상대적 차이를 나타낼 때 유용하며, 이 식을 사용함으로써 거주인구에 비해 유동인구의 비율이 상대적으로 큰 행정동, 즉 행정동 내 순환 이동을 배제하고 다른 행정동으로의 이동 규모가 큰 행정동을 확인할 수 있다. 유동비율을 계산할 때 거주인구와 유동인구는 특성 단위가 다르기 때문에 최소-최대 정규화(min-max normalization)한 거주인구<sub>s</sub>와 유동인구<sub>s</sub>를 활용하여 유동비율을 산출하였다. 최소-최대 정규화는 특성 단위가 서로 다른 변수, 즉 데이터의 범위가 다른 변수를 비교할 수 있게끔 데이터의 최솟값을 0, 최댓값을 1의 공통의 범위로 조정하는 방법이다. 거주인구와 유동인구의 경우 데이터의 범위의 차이가 크기 때문에 데이터를 그대로 사용했을 때 계산과정에서 0으로 수렴하거나 ∞으로 발산하는 문제가 발생한다. 이 문제를 해결하기 위해 각각을 최소-최대 정규화하여 유동비율을 산출하였다.

유동비율은 유동인구가 거주인구보다 많으면 양수, 같으면 0, 적으면 음수가 된다. 유동비율 클수록 이동수요가 높다는 것을 의미한다.

$$\text{유동 비율} = \frac{\text{유동인구}_s - \text{거주인구}_s}{\text{유동인구}_s + \text{거주인구}_s} \quad \langle \text{식-1} \rangle$$

<표 4> 유동비율 기초통계량

평균	0.146
표준편차	0.174
최솟값	-0.405
25%	0.0147
중위수	0.183
75%	0.256
최댓값	0.500



〈표 5〉 행정동별 유동비율

순위	거주인구(상·하위5)			유동인구(상·하위5)			유동비율(상·하위5)		
	읍면동명	인구수	정규화	읍면동명	인구수	정규화	시군구명	읍면동명	유동비율
상1	내서읍	63446	1	명곡동	114421.5	1	마산회원구	봉암동	0.500
상2	의창동	50348	0.788	사파동	112985.4	0.986	진해구	이동	0.445
상3	사파동	44616	0.695	내서읍	111705.6	0.975	마산합포구	오동동	0.394
상4	웅동2동	43674	0.680	반송동	104579.7	0.910	진해구	태백동	0.330
상5	북면	43422	0.676	의창동	92202.64	0.798	마산회원구	합성2동	0.319
~									
하5	태백동	4130	0.041	대산면	10845.2	0.061	마산합포구	진전면	-0.160
하4	진전면	3848	0.037	구산면	8216.9	0.037	의창구	대산면	-0.188
하3	진북면	3378	0.029	진북면	7599.7	0.032	진해구	웅동2동	-0.228
하2	봉암동	3219	0.027	진전면	7026.4	0.026	진해구	웅천동	-0.405
하1	가포동	1543	0	가포동	4055.5	0	마산합포구	가포동	-

거주인구와 유동인구의 피어슨 상관관계 계수는 0.908로 매우 높다. 즉 거주인구가 많을수록 유동인구도 많다. 거주인구와 유동인구 모두 많은 지역은 내서읍, 의창동, 사파동으로 이들 지역은 대단지 공동주택이나 단독주택 중심의 주거밀집지역이다. 반대로 거주인구와 유동인구 모두 적은 지역은 가포동, 진전면, 진북면으로 창원 서부 농촌생활권에 해당한다.

한편 유동비율이 높은 지역은 봉암동, 이동, 오동동, 태백동, 합성2동으로 이들 지역은 마산회원구, 마산합포구, 진해구의 경제·사회활동의 중심지로 산업·상업·문화를 이끄는 곳이다. 봉암동은 마산자유무역지역을 중심으로 산업중심지, 이동은 진해 중심의 신시가지, 오동동은 마산어시장을 중심으로 한 상업중심지, 태백동은 내수면환경생태공원인근의 양호한 주거밀집지역, 합성2동은 마산시외버스터미널을 중심으로 한 상업지역 등 지역 거점 역할을 하고 있다. 유동비율이 0이하인 지역은 가포동, 웅천동, 웅동2동, 대산면, 진전면 외에도 현동, 북면, 구산면, 진동면, 내서읍 총 9개 지역으로 확인되었으며, 이들 지역은 창원의 남서부, 남동부, 북부의 경계부에 위치하여 도심과 거리가 멀고 농촌생활권에 해당된다. 이동수요가 낮다는 것을 의미한다.

다음으로 교통카드 빅데이터 통합플랫폼의 버스이용량지표(수단통행량의 발생량)를 활용하여 유동인구 대비 버스이용량 비율(이하 버스분담률이라 함)을 〈식-2〉과 같이 정의하여 버스분담률이 높은 행정동을 확인하였다. 버스분담률을 계산할 때 버스이용량과 유동인구는 특성 단위가 다르기 때문에 최소-최대 정규화(min-max normalization)한 버스이용량<sub>s</sub>와 유동인구<sub>s</sub>를 활용하여 버스분담률을 산출하였다. 이때 최솟값이 0이 되어 연산이 불가능한 문제를 해소하기 위해 분모에 1을 더한다. 버스분담률이 높을수록 대중교통 이동 편의성이 높고, 반대로 낮을수록 대중교통 사각지대일 가능성이 크다는 것을 의미한다.



$$\text{버스분담률} = \frac{\text{버스이용량}_s}{1 + \text{유동인구}_s} \quad \langle \text{식-2} \rangle$$

〈표 6〉 버스분담률 기초통계량

평균	0.205
표준편차	0.146
최솟값	0
25%	0.09
중위수	0.19
75%	0.306
최댓값	0.555

〈표 7〉 행정동별 버스분담률

순위	버스 이용량(상·하위5)			유동인구(상·하위5)			버스분담률(상·하위5)		
	읍면동명	승객수	정규화	읍면동명	유동인구	정규화	시군구명	읍면동명	분담률
상1	의창동	3567715	1	명곡동	114421.5	1	의창구	의창동	0.555
상2	내서읍	3502256	0.981	사파동	112985.4	0.986	마산합포구	내서읍	0.496
상3	합성동	3269967	0.914	내서읍	111705.6	0.975	마산합포구	오동동	0.454
상4	사파동	2882868	0.803	반송동	104579.7	0.910	마산합포구	월영동	0.446
상5	용지동	2882092	0.803	의창동	92202.64	0.798	마산회원구	석전동	0.432
~									
하5	대산면	167453	0.026	대산면	10845.23	0.061	마산회원구	구산면	0.023
하4	구산면	141982	0.019	구산면	8216.95	0.037	마산합포구	대산면	0.024
하3	가포동	119724	0.012	진북면	7599.79	0.032	마산합포구	자산동	0.029
하2	진북면	84518	0.002	진전면	7026.44	0.026	마산합포구	진북면	0.002
하1	진전면	75252	0	가포동	4055.51	0	마산합포구	진전면	0

버스분담률이 높은 지역은 의창동, 내서읍, 오동동, 월영동, 석전동으로 의창구와 마산합포구, 마산회원구에 속하는 행정동이다. 의창동은 마산회원구와 의창구를 두 지역을 연결하는 곳으로 창원종합버스터미널, 경남테크노파크, 창원산업진흥원, 창원농업기술센터, 로템 등 주요 지역산업의 충주 역할을 하는 기관 및 산업들이 입지하여 이 지역을 연결하는 버스노선이 많다. 내서읍은 외곽 택지지구가 조성되어 인구가 많아 내서읍을 기종점으로 하는 버스노선이 많다. 석전동은 마산역과 마산시외버스터미널이 있어 이 지역을 연결하는 버스노선이 많다. 오동동은 마산어시장을 중심으로 한 구도심으로 이 지역을 연결하는 버스노선이 많다. 월영동은 남부시외버스터미널과 경남대학교를 중심으로 이 지역을 연결하는 버스노선이 많다. 이들 지역은 주요 교통 요지라는 공통점이 있다.

버스분담률 0.03이하로 낮은 지역은 진전면, 진북면, 자산동, 대산면, 구산면, 교방동, 가포동 순



〈그림 1〉는 유동비율과 버스분담률을 관계를 시각화한 산포도로 이동 수요와 버스 공급의 관계를 알 수 있다. 여기서 가로 세로 보조선은 유동비율과 버스분담률 각각의 평균값을 기준으로 사분면을 구분한 것이며, 원의 크기는 거주인구와 비례한다. 사분면의 왼쪽 위(I)는 유동비율이 낮고 버스분담률이 높은 지역으로 실질적인 버스 수요가 없는 지역이라고 해석할 수 있다. 사분면의 오른쪽 위(II)는 유동비율과 버스분담률이 모두 높은 지역으로 유동비율과 버스분담률이 적절히 균형을 이루어 버스 이용이 편리한 지역이라고 해석할 수 있다. 사분면의 I와 II 사이에 있는 의창동, 내서읍, 월영동은 유동비율이 0에 가깝지만, 버스분담률이 평균 이상으로 버스 의존도가 높은 지역이라고 할 수 있다. 사분면의 왼쪽 아래(III)는 유동비율과 버스분담률이 모두 낮은 지역으로 버스 운영의 효용이 적은 곳이라 해석할 수 있다. 사분면의 I과 III 사이에 있는 웅천동, 웅동2동, 북면, 현동은 유동비율은 낮지만, 버스분담률이 평균에 가까워 규모는 작지만, 의창동, 내서읍, 월영동과 같이 버스 의존도가 높은 지역이라고 할 수 있다.

사분면의 오른쪽 아래(IV)는 유동비율은 높지만 버스분담률이 낮은 지역으로 버스에 대한 의존도가 낮고 다른 교통수단이 선호되는 것으로 해석할 수 있다. 가장 오른쪽에 위치한 봉암동은 마산자유무역지역을 중심으로 한 기계, 자동차부품, 전기·전자, 정밀기기 등 산업단지로 대중교통 이용률이 저조하다. 그 이유는 산업단지를 도심 및 주거지역과 이격시켜 도심 환경을 보호하고 저렴한 대규모 부지 확보에 주안점을 두고 있어 대중교통으로 직접 근접하기 어렵기 때문이다. 한편 이동은 경화시장을 중심으로 한 상권 중심지이다. 경화시장은 진해구에서 가장 오래된 전통 오일장으로 경화역 벚꽃길 인근 8,264㎡ 부지에 230여 개의 점포와 600여 명의 노점상이 영업을 하고 있다(이재균 2024). 많은 양의 물품을 운반하기 위해서, 넓은 지역 내 위치한 여러 점포를 방문하기 위해서 대중 대중교통보다는 차량을 사용하는 것이 더 효율적이다. 한편 버스 분담률이 매우 낮은 진북면은 창원 서부 농촌생활권에 속하며 타 지역에 비해 상대적으로 서비스 접근성이 낮고 정주 여건이 취약하다. 그리고 자산동과 교방동은 지리적으로 인접하여 있고 무학산의 산록선을 따라 발달한 지역으로 자연환경이 양호하여 단독주택과 공동주택 등 주거가 밀집해 있으나 주요 도로가 산복도로로 버스 접근성이 낮고, 고령인구 비율이 가장 높은 지역으로 꼽힌다(창원특례시, 2023). 즉 사분면의 IV 지역들은 이동수요에 비해 버스 서비스 공급이 부족한 지역으로 DRT 등 새로운 공공교통 서비스를 도입함으로써 시민들의 이동 편의성 제고 효과를 기대할 수 있을 것이다.

### 3. 네트워크 분석

어느 지역에서 어느 지역으로 이동이 많은지, 어느 지역이 중요한 역할을 하는지 이동 네트워크 구조를 파악하기 위해서 소셜 네트워크 분석(social network analysis, SNA)을 활용하였다. SNA는 그래프 이론에 기초하여 관계형 데이터(relational data)에 대해 각 노드(node)의 중요도와 두 노드를 연결하는 엣지(edge)의 강도를 중심성 지표(centrality index)로 계량화하고 소시오그램(sociogram)으로 시각화하여 네트워크 구조를 탐구하는 연구 방법이다(scott, 2012; 이태현·정하영, 2022). 노드는 네트워크를 구성하는 개체로 본 연구에서는 출발지/도착지(행정동)에 해당하며,

노드의 크기는 네트워크 상 행정동의 중요도와 비례하고, 엣지는 행정동 간 이동 관계(규모와 방향)를 나타낸다.

선행연구에서는 버스노선의 중요도 분석, 대중교통 취약지 분석, 생태네트워크 상 중요한 도시공원 분석 등을 위해 매개 중심성(betweenness centrality, BC)을 주요 지표로 적용하였다(최승우·전철민, 2015; 박한솔·조완섭, 2016; 강완모 외, 2018; 황벽목 외, 2021; 김영하, 2022). 매개 중심성은 네트워크 상 노드  $i$ 의 중요도를 나타내는 지표 중 하나로 노드  $i$ 가 다른 두 노드  $j, k$ 들을 연결할 때 연결경로 상에 노드  $i$ 가 위치하는 빈도  $g_{jk}(i)$ 를 뜻하며 <식-3>과 <식-4>와 같이 정규화한  $BC_{norm}(i)$ 로 정의한다. 여기서  $g_{jk}$ 는 두 노드  $j, k$ 간 연결 총수를 뜻하며,  $n$ 은 네트워크 내 노드의 총수를 뜻한다. 노드의 매개중심성이 높을수록 네트워크에서 이동 흐름을 유지 및 조절하는 제어력이 커지며, 다른 노드들은 매개중심성이 높은 노드에 대한 의존성이 높아진다(손동원, 2002; 박옥남, 2011). 본 연구에서는 매개중심성이 높은 노드를 주요 경유지로 해석한다.

$$BC(i) = \sum_{j < k} \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}} \quad \langle \text{식-3} \rangle$$

$$BC_{norm}(i) = BC(i) \frac{2}{(n-1)(n-2)} \quad \langle \text{식-4} \rangle$$

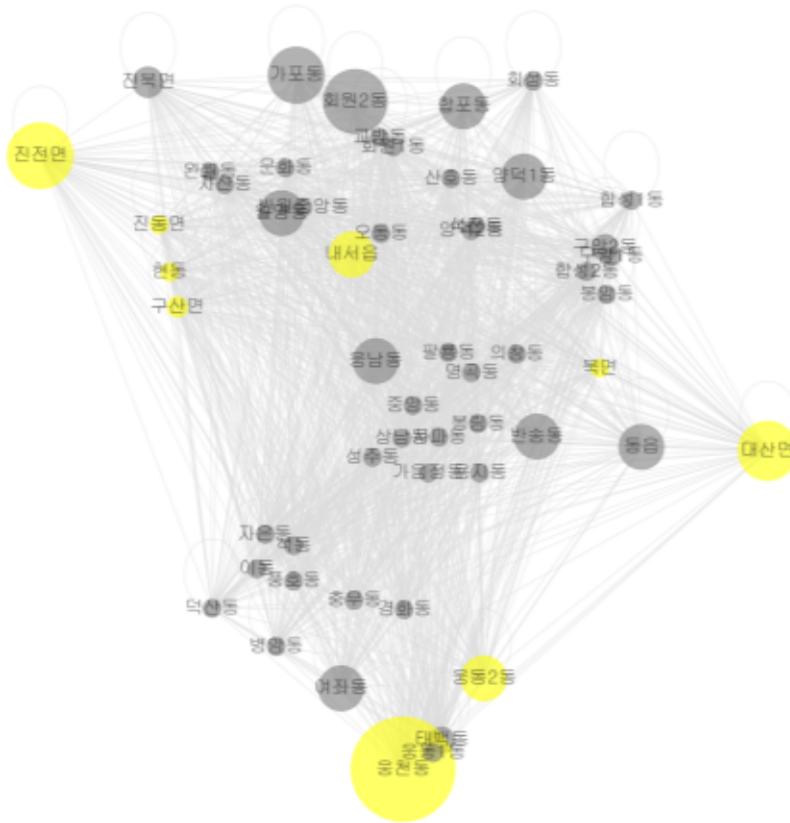
본 연구에서는 파이썬(Python)의 NetworkX 모듈을 사용하여 두 행정동 간 유동인구와 버스이용량을 가중치로 매개 중심성을 산출하여 네트워크를 분석하였다.

〈표 8〉 이동 OD 버스분담률

순위	읍면동(출발)	읍면동(도착)	유동인구	버스이용량	버스분담률
상1	내서읍	내서읍	517.10	86859.00	1.00
상2	용지동	의창동	5573.13	35032.00	0.39
상3	상남동	사파동	16069.01	34581.00	0.36
상4	웅동2동	웅동2동	1315.41	31448.00	0.36
상5	북면	북면	678.50	30829.00	0.35
~					
하5	회원2동	합포동	216.43	0.00	0.00
하4	회원2동	현동	227.00	0.00	0.00
하3	회원2동	회성동	125.99	0.00	0.00
하2	회원2동	회원1동	2397.30	0.00	0.00
하1	회원2동	회원2동	111.24	0.00	0.00

내서읍과 같이 출발지와 도착지가 같으며 버스분담률이 높은 경우 지역 내 이동에 버스이용 비율이 높다는 것을 뜻하며, 회원2동과 같이 출발지와 도착지가 같으며 버스이용량이 0인 경우는 도보를 포함한 다른 교통수단을 이용하는 것을 뜻한다.

〈그림 2〉 유동인구 네트워크 소시오그램



〈그림 2〉 그래프에서 각 노드는 행정동을 뜻하며, 노드의 크기는 매개 중심성과 비례하고, 노드의 색깔은 두 가지로 노란색의 경우 유동비율이 0 이하를 뜻한다.

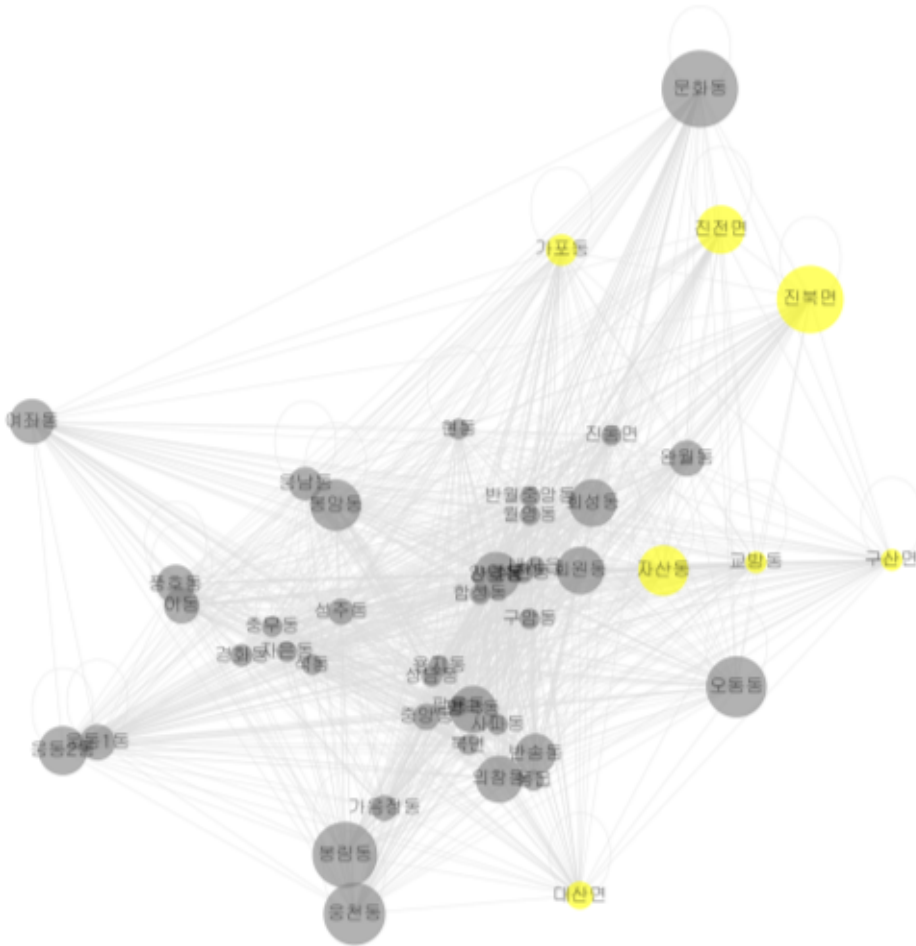
그래프의 상단에 위치하는 행정동들은 마산회원구와 마산합포구에 속한 행정동으로 매개중심성이 큰 지역은 진전면, 가포동, 월영동, 회원2동, 합포동, 양덕1동, 내서읍의 7곳이며, 이 중에 유동비율이 0 이하인 지역은 진전면과 내서읍으로 확인된다. 그래프의 중간에 위치하는 행정동들은 성산구와 의창구에 속한 행정동으로 매개중심성이 큰 지역은 웅남동, 반송동, 동읍, 대산면의 4곳이며, 이 중에 유동비율이 0 이하인 지역은 대산면으로 확인된다. 그래프의 하단에 위치하는 행정동들은 진해구에 해당하는 행정동으로 매개중심성이 큰 지역은 여좌동, 웅천동, 웅동2동의 3곳이며, 이 중에 유동비율이 0 이하인 지역은 웅천동과 웅동2동으로 확인된다.

즉 진전면, 내서읍, 대산면, 웅천동, 웅동2동은 유동 네트워크에서 중요한 역할을 하지만 현재는 유동이 적은 곳으로 잠재적 이동수요가 높은 곳이라 해석할 수 있다. 이들 지역과 규모가 크고 가까운 네트워크 연결을 살펴보면, 진전면-진북면, 진전면-월영동, 내서읍-월영동, 대산면-동읍, 웅천동-웅동2동, 웅천동-여좌동으로 확인된다. 이들 지역은 기존 버스를 운영할 정도로 수요가 크지 않기 때문에 잠재적 이동수요에 대응할 수 있도록 소규모 공공교통 서비스를 도입하는 것이 시민

들의 이동 편의성 제고에 효과적일 것으로 판단된다.

다음으로 일반버스 이용객수요(O/D)지표를 활용하여 일반버스 이용객 수요 O/D 네트워크를 분석하였다. 일반버스 이용객수요(O/D)지표는 해당 행정동(origin)에서 다른 행정동(destination)으로 가기 위해 버스를 선택한 연평균 버스 이용량을 뜻한다.

〈그림 3〉 일반버스 이용객 수요 O/D 네트워크 소시오그램

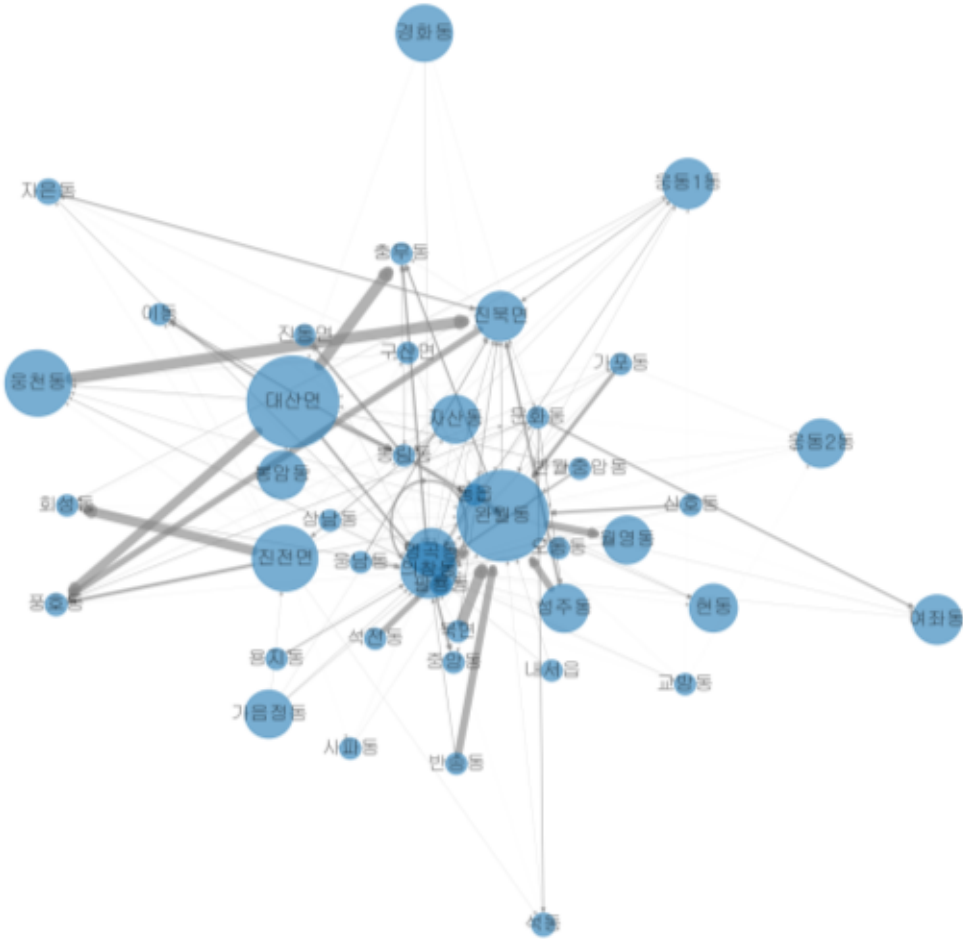


〈그림 3〉 그래프의 상단에 위치하는 행정동들은 마산합포구에 속한 행정동으로 매개중심성이 큰 지역은 문화동, 진전면, 진북면의 3곳이며, 이 중에 버스분담률이 0.03 이하(전체 행정동의 하위 10%)인 지역은 진전면과 진북면으로 확인된다. 그래프의 중간에 위치하는 행정동들은 마산회원구와 의창구에 속한 행정동으로 매개중심성이 큰 지역은 오동동, 회성동, 회원동, 자산동, 양덕동, 봉암동의 6곳이며, 이 중에 버스분담률이 0.03 이하인 지역은 자산동으로 확인된다. 그래프의 하단에 위치한 행정동들은 의창구와 성산구에 속한 행정동으로 매개중심성이 큰 지역은 봉림동,

의창동, 반송동, 명곡동의 4곳이며, 이 중 버스분담률이 0.03 이하인 지역은 확인되지 않는다. 그래프의 좌측에 위치하는 행정동들은 진해구에 속한 행정동으로 매개중심성이 큰 지역은 여좌동, 용동2동, 용천동의 3곳이며, 이 중 버스분담률이 0.03 이하인 지역은 확인되지 않는다.

즉 진북면, 진전면, 자산동은 일반버스 이용객 수요가 높은 지역으로 네트워크에서 중요한 역할을 하지만 현재는 버스수송 분담률이 낮아서 잠재적 버스 수요가 높은 곳이라 해석할 수 있다. 이들 지역과 규모가 크고 가까운 네트워크 연결을 살펴보면, 진북면-진전면, 진북면-문화동, 진전면-문화동, 자산동-회원동, 자산동-오동동으로 확인된다. 오동동과 문화동은 유동비율과 버스분담률이 모두 높은 지역으로, 기존 버스의 노선과 연계한 소규모 공공교통 서비스의 도입이 시민 이동 편의성 제고에 효과적일 것으로 판단된다.

〈그림 4〉 일반버스 이용객 없는 유동인구 네트워크 소시오그램



마지막으로 DRT 도입 효과가 높을 것으로 예상되는 구역을 찾기 위해서 <표 8>의 이동 OD 버스분담률이 0인 행정동 간 대한 유동인구 네트워크 구조를 <그림 4> 과 같이 시각화하였다. 그리고 <그림 4> 그래프에서 노드의 크기(매개중심성)가 크고 유입과 유출의 양방향 이동이 모두 많은 완월동, 대산면, 진북면, 진전면을 중심으로 이동 흐름을 하나씩 살펴보았다.

완월동에는 마산합포구청, 창원지방법원 마산지원, 창원지방검찰청 등 주요 관공서와 마산여고, 마산고등학교 등 교육시설과 마산의료원 등 의료시설이 밀집하고 있는 곳으로 인근 월영동으로 가는 이동이 많은 한편, 인근 농촌생활권 가포동, 북부 농촌생활권 북면과 동읍, 석전동, 반송동, 성주동 등 다양한 지역으로부터 유입되는 이동이 많다.

대산면은 북부농촌생활권에 위치하며 밀양시, 김해시와 인접해 있다. 주요 산업은 단감, 토마토, 딸기 등 농업으로 진해 중앙시장과 경화시장이 인접한 충무동, 풍호동, 이동, 산업단지가 위치한 봉림동으로 가는 이동이 많다.

진북면은 서부농촌생활권에 위치하며, 농공단지와 산업단지가 조성된 지역으로 기초생활거점 육성사업이 추진되고 있는 지역이다. 진북면에서 풍호동으로 가는 이동이 많은 한편, 창원국가산업단지가 입지한 성주동과 웅남동, 진해신항배후단지가 입지한 웅남동에서 유입되는 이동이 많다. 이는 산업활동과 관련된 이동으로 판단할 수 있다.

진전면은 서부농촌생활권에 위치하며, 축산업과 파프리카, 키위 등 특용작물 재배가 활발한 지역이다. 진전면에서는 회성동과 풍호동으로 가는 이동이 많다. 회성동은 무학산 자락의 북쪽과 서마산 나들목에 위치하며 회원동, 석전동, 내서읍 세 지역을 연결하는 중심에 위치하고 있다. 산복도로를 따라 단독주택과 연립주택이 밀집하여 있고, 기피시설인 창원교도소가 있어, 독거노인, 한부모가정 등 저소득층·장애인의 거주 비율이 높은 지역이다.

완월동-북면/동읍, 대산면-충무동/풍호동, 진북면-웅천동, 진전면-회성동 사이의 연결하는 DRT의 도입 효과가 높을 것으로 예상된다. 특히 대산면, 진북면, 진전면 등 농촌생활권과 주요 상권 및 업무중심지역을 연결하는 이동 수요에 대응할 수 있도록 하는 것이 중요하다고 판단된다.

유동비율과 버스분담률 지표를 활용한 <그림 1>의 이동수요-공급분석과 <그림 4>의 네트워크분석의 결과를 종합하여 보면, DRT도입 효과가 높을 것으로 예상되는 구역은 네 구간으로 판단할 수 있다. 첫째 마산합포구 구도심(완월동)-마산합포구 농촌생활권(진전면, 진북면, 구산면), 둘째 마산회원구 저소득층 밀집지(회성동)-마산합포구 농촌생활권(진전면), 셋째 진해 구도심(이동, 충무동, 풍호동) - 도시 외곽 농촌생활권(대산면), 넷째 도시 외곽 산업단지중심지(웅천동-진북면-성주동) 사이를 연결하는 구간이다. 이들 지역은 대중교통이 부족하고 이동 수요가 불규칙한 지역으로 개별적인 이동 수요에 맞춰 유연한 방식으로 운행되는 저회성 교통 수단 도입하는 것은 여러 가지 이점이 있다. 첫째, 이동의 편의성과 이동성을 향상시킬 수 있다. 둘째, 도심과 농촌을 연결함으로써 농촌지역의 산업 및 관광활성화에도 도움이 될 수 있다. 셋째, 농촌지역에서 자동차 보유의 필요성을 줄일 수 있다. 넷째, 농촌 지역에 거주하는 임산부, 고령자, 장애인 등 교통약자의 대중교통 서비스 격차를 해소할 수 있다.

실질적으로 이들 지역을 DRT 도입 우선 구역으로 결정할 때에는 도심과 농촌생활권 간 먼 지리



적 거리와, 구불구불하고 경사가 급한 산복도로 지형과 도로 조건에서 운영될 수 있도록 해야 하며, 해당 지역 주민과 임산부, 고령자, 장애인 등 교통약자를 포함한 지역사회의 다양한 이해관계자들의 의견을 수렴하는 것이 바람직하다. 그리고 DRT 도입 우선 구역이 선정되면 해당 지역의 교통 체계를 개선하고 DRT 시스템을 시행한 후에 서비스 이용률, 이용자 만족도, 효율성 등의 효과를 철저히 평가하여 지속적으로 개선하는 PDCA(Plan-Do-Check-Act)를 전개하는 것이 중요하다.

## IV. 결론

본 연구에서는 기존 연구들에서 제시된 대중교통 서비스 공급 데이터 중심의 대중교통 사각지대 판별 방법론의 문제점을 극복하기 위해서 서비스 수요 데이터의 하나인 유동인구 데이터를 활용하여 이동수요 분석과 이동 네트워크 분석을 통해 수요-공급 미스매칭 구간을 중심으로 DRT 도입 우선 구역을 설정하는 '서비스 수요 대비 서비스 공급 부족 대중교통 사각지역'을 식별하는 계량적 방법론을 제시하고 사례연구를 통해 구체적인 논의점과 시사점을 검토하고자 하였다.

이를 위해서 이동수요분석을 통해 유동비율, 버스분담률 두 가지 지표를 제시하고 유동비율이 높고 버스분담률이 낮은 지역을 대상으로 DRT도입의 필요성을 제기하였다. 그리고 이동 네트워크 분석을 통해 유동인구 이동 구조와 버스 이용 이동 구조에 차이가 있으며, 특히 유동인구 이동은 있으나 버스 이용 이동이 없어 DRT 도입 효과가 높을 것으로 예상되는 네 구간을 식별하였다. 즉 창원시 중소도시형 DRT는 마산합포구 구도심과 진해구 구도심과 도시 외곽에 위치하는 농촌 생활권(진전면, 대산면, 구산면)들을 연결할 수 있도록 운영하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

본 연구의 결과는 지방 중소도시의 대중교통의 질을 담보할 수 있는 중소도시형 DRT운영에 필요한 기초 자료로써 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 유동인구와 버스이용량 데이터에 기반한 네트워크 분석은 실질적인 이동 수요와 버스 사각지대를 이해하는데 도움이 되며, 각 행정동의 특성에 따른 소규모 공공교통의 마련, 버스 사각지대의 이동수요에 대한 대안 마련 등 실무적 기여도 기대할 수 있다.

마지막으로 본 연구의 분석결과에 대한 타당성을 제고하기 위해서는 향후 다년도에 걸친 분석과 지역민들의 특성(고령층 비율, 성비, 단독가구 등)을 고려한 분석을 통해 대중교통의 사회적 포용성에 대한 평가체계를 마련하여 교통 소외를 최소화할 수 있는 대중교통 네트워크의 이상적인 구조가 무엇인지에 대한 지속적인 논의가 필요하다. 그리고 향후 행정동보다 지리적 특성을 세밀하게 고려할 수 있도록 더욱 세분화된 공간 단위의 분석을 통해 최소한의 자원으로 최대한의 서비스를 할 수 있도록 운행 차량의 라우팅을 최적화하여 경로를 최소화 모형을 개발하는 것이 필요하다. 이를 통해 DRT 운행의 효율성을 높이고 이용자들의 만족도 향상에 기여할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 강완모·송영근·성현찬·이동근. (2018). 생태네트워크와 접근성 분석에 의한 서울시 미집행 도시 공원의 보전 우선순위 평가, 「한국환경복원기술학회지」, 21(2): 53-64.
- 국토교통부. (2023). 버스도 사전예약하고 원하는 시간에 출발한다: 광역버스 요금으로 집 앞에서 출발해 목적지에 빠르게 도착하는 “광역콜버스”, 보도자료, 2023-06-14.
- 고용석·김호정·김홍석. (2011). 국토교통인프라의 최저서비스기준 정립에 관한 연구: 도로인프라 접근성을 중심으로, 국토연구원.
- 김영하. (2022). SNA 분석방법을 이용한 시내버스 노선 분석, 한양대학교, 석사학위논문.
- 박옥남. (2011). 정보조직 지식구조에 대한 연구, 「한국비블리아학회지」, 22(3): 248-267.
- 박준식·정동우. (2023). 대도시권 수요응답형 광역 모빌리티 서비스 실용화 기술 개발관련 해외 DRT서비스 사례조사를 위한 국외출장보고서(프랑스, 스페인), 한국교통연구원.
- 박한솔·조완섭. (2016). 대중교통 빅데이터의 다차원 네트워크 분석기법, 「정보기술아키텍처 연구」, 13(1), 139-145.
- 손동원. (2002). 「사회네트워크분석」. 서울: 경문사.
- 신병찬·박시운·이건우. (2022). 사회 연결망 분석을 활용한 대중교통 네트워크 및 이동패턴에 공공자전거가 미치는 영향 분석, 「대한교통학회 학술대회지」, 322 - 327.
- 이재균. (2024). 경화시장, 디지털창원문화대전 GC02208066, 창원특례시(<https://www.grandculture.net/changwon/toc/GC02208066>) 자료검색일: 2024.05.10.
- 이진수·박선영·유정훈. (2016). 대중교통 최소서비스 측정지표를 반영한 취약/사각지역 분석연구, 대중교통학회 제75회 학술발표회(2016.9.22.-23).
- 이태현·정하영. (2022). 사회네트워크 분석을 활용한 지역사회 통합돌봄(Community Care) 관련 기관의 협력관계 형성에 관한 연구: 부산 북구 지역사회 통합돌봄 선도사업을 사례로, 지역사회연구 30(1): 59-85.
- 창원특례시. (2023). 창원특례시, '2023년 지역통계' 결과 공표: 창원시 최초 고령자통계 및 비제조업기준 경제지표조사 공표. 보도자료. 2023년 12월 28일 배포.
- 최승우·전철민. (2015). 다층 네트워크를 활용한 서울시 버스노선 중요도 분석, 「대한공간정보학회 학술대회」, 135 - 140.
- 황병목·고동욱·강완모. (2021). 매개중심성 분석을 활용한 서울시 미집행공원 내 사유지 보전 우선순위 평가, 「한국산림과학회지」, 110(1): 22-34.
- Jain, S., ·Ronald, N., ·Thompson, R., ·Winter, S. (2017). Predicting susceptibility to use demand responsive transport using demographic and trip characteristics of the population. *Travel Behaviour and Society*, 6: 44-56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tbs.2016.06.001>
- ARUP. (2023). Going the distance integrated demand responsive transport in cities, ARUP.
- WorldBank. (2024). Case Study: Prince William County, USA. <https://www.ssatp.org/sites/ssatp/files/publications/Toolkits/ITS%20Toolkit%20content/case-studies/prince-william-county-usa.htm>

“본 연구에 사용된 유동 데이터를 제공해 주신 창원특례시 정보통신담당관에 깊은 감사를 표합니다.”

정하영(鄭蝦榮): 일본교토대학 도시사회공학연구과에서 도시계획 및 관리 시스템 공학 박사를 취득하고 현재 경남대학교 프르네시스융합학부 빅데이터융합학 전공 조교수로 재직중이다. 학문적 관심분야는 공간융합빅데이터, 포용적 도시계획, 자연어처리를 기반으로 한 참여적 의사 결정 지원 시스템이며, 주요 저술로는「巨大地震と安全保障 - 東日本大震災からの復興防災論(2013)」, 「코퍼스 분석과 공적토론 연구(2017)」, 「위기지역 혁신 거버넌스(2018)」, 주요 논문으로는「공공자전거의 쏠림현상 해소를 위한 동적 재배치 라우팅 모형(2021)」, 「공간자기상관을 고려한 고용창출중심지 추정(2022)」, 「블로그 코퍼스 기반 여행지 다차원 이미지 자동 측정 연구(2023)」, 주요 경력으로는 일본교토대학 인간안전보장공학 연구원, 일본교토대학 경영대학원 아시아 비즈니스 리더 육성강좌 조교수, 국토교통부 중앙도시계획위원회 위원 등이 있다(jhayeong@kyungnam.ac.kr).

〈논문접수일: 2024. 4. 10 / 심사개시일: 2024. 4. 11 / 심사완료일: 2024. 5. 20〉

### Abstract

## Identifying blind spots in public transportation based on travel demand data and establishing DRT zones for small and medium-sized local cities: Focusing on the case of Changwon City

Jeong, Hayeong

This aims of study is to suggest a methodology for identifying blind spots in public transportation and setting priority areas for DRT introduction in small and medium-sized local cities considering the mismatch between travel demand and supply by using floating population and bus usage data. To this end, a literature review on the concept of blind spots in public transportation and small and medium-sized city DRT zones was conducted. Next, through a case study, travel demand analysis and travel network analysis were conducted to identify bus blind spots where there is actual travel demand and floating population movement but no bus use. As a result, in Changwon City, four sections connecting the old downtown of Masan Hap-po-gu, the old downtown of Jinhae-gu, and rural living areas (Jinjeon-myeon, Daesan-myeon, and Gusan-myeon) located on the outskirts of the city were identified as priority areas for DRT introduction. The results of this study are expected to be used as basic data needed for the operation of DRT that can guarantee the quality of public transportation in local small and medium-sized cities.

Key Words: DRT, Travel Demand Analysis, Travel Network Analysis, Demand Data-based Decision-Making, Exploratory Research