

수요응답형 버스의 운행 현황 분석 및 발전 방향 -경상남도 양산시 도시형 버스 5, 6번 노선을 중심으로-

노창균, 박재홍*
한국건설기술연구원 도로교통연구본부

A Study on Bus Pattern Analysis and Operation Proposal for Demand Responsive Transport (DRT) -Case Study of Bus No. 5 and 6 on Yangsan-Si, Gyeongsangnam-Do-

Chang-Gyun Roh, Jaehong Park*
Department of Highway & Transportation Research, Korea Institute of Civil Engineering and
Building Technology

요약 농어촌 및 도농복합도시 등은 지속적인 인구감소 및 교통서비스 불편으로 인해 노선버스의 감축 및 교통서비스의 질 저하 등이 지속적으로 발생하고 있다. 이와 같은 악순환 고리는 해당 지역은 상기 내용으로 인해, 점차 유입인구의 감소 및 유출 인구의 증가가 가속화되고 있다. 이를 지연 또는 개선을 목적으로 지자체별로 별도의 수요응답형 교통수단 도입을 검토 또는 운행 중에 있다. 경상남도 양산의 경우, 기존 버스노선이 폐지된 구간 및 교통서비스가 결여된 지역을 대상으로 도시형 버스를 도입하여 운행 중에 있다. 본 연구에서는 총 10개 노선을 현재 운행 중인 양산시 도시형 버스의 이용자 및 지역 현황 분석을 통해 향후 발전 방향을 수립하고자 하였다. 도시형 버스는 기본적으로 수요응답형 방식을 채택하고 있으며, 수요를 고려할 때 노선 또한 수요응답형으로 설정하는 것이 보다 현실적이고 이용자의 편의를 증진시킬 수 있을 것으로 판단하였다. 이를 통해 이용자 수요의 활성화 및 지속적인 지역의 이동권 향상이 이루어질 것으로 기대한다.

Abstract In rural areas and urban-rural complex cities, there continues to be a decline in the number of bus routes and the quality of transportation services due to the continuous population decline and inconvenient transportation services. These circumstances have resulted in a vicious circle: a decrease in the inlet and an increase in the outflow population is gradually accelerating. All local governments are reviewing or operating a separate demand response type transportation method to delay or improve this situation. In Yangsan, Gyeongsangnam-do, an urban bus has been introduced and is operational for areas where existing bus routes have been abolished and lack transportation services. This study establishes the direction for future development by analyzing the users and local conditions of the city bus in Yangsan, which currently has 10 operational bus routes. Since urban buses basically adopt a demand-response method, we propose that setting the route as a demand-response by considering the demand for operation is more realistic and can enhance the user's convenience. We believe this will revitalize user demand and continue to improve local mobility.

Keywords : Mobility as a Service(MAAS), Demand Responsive Transport(DRT), Urban Bus, Operation, Route

본 논문은 한국건설기술연구원의 연구비 지원(22주요-대3-임무(산업진흥)농어촌 지역 대상 지속가능한 MaaS 3.0+ 기술 개발)에 의해 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Jaehong Park(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)
email: jhpark@kict.re.kr

Received October 11, 2022

Revised November 16, 2022

Accepted December 7, 2022

Published December 31, 2022

1. 서론

농어촌 지역을 포함한 도농복합도시의 지역 인구 감소 문제에 직면해 있으며[1-3], 지역의 교통서비스의 양적 및 질적 저하로 인하여 이동권과 관련한 많은 제약이 발생하고 있다. 특히, 지역 대중교통 이용 수요 감소로 버스 운행 서비스 공급에 한계가 나타나고 있으며[4], 지역 교통서비스의 양적 및 질적 저하, 교통서비스 저하로 인한 지역 인구 유출 증가 등의 문제가 발생되고 있다. 이러한 문제를 해결하고, 농어촌지역의 교통 서비스를 제공하는 방안으로써, 수요응답형 교통 수단(택시형, 버스형)을 도입하여 운행 중에 있다. 농어촌 및 도농복합지역을 포함한 인구 소멸 지역, 교통 소외 지역 주민의 교통 불편사항 개선을 목적으로 시행중인 공공형 버스 및 공공형 택시(‘100원 택시’)가 대표적이며, 기존 대중교통과 비교하여 회복 탄력적인 교통수단으로 각광 받고 있다. 수요응답형 교통(DRT: Demand Responsive Transport)은 이용자의 수요가 발생했을 때 운행하는 교통서비스로써[5,6], 국내에서는 2015년 전라북도에서 처음 도입이 되었다[7]. 특히, 농어촌 지역의 경우 ‘여객자동차운송사업법’의 개정을 통해 수요응답형 버스가 도입될 수 있는 근거가 마련되었으며, 비수익 노선에 대한 재정 지원의 근거가 마련됨에 따라 도입이 시작되었다. 그러나, 수요응답형 교통은 수익성면에서 한계가 존재하며, 기존 대중교통 노선과 중복 운행이 발생하는 경우, 수요응답형 노선의 운영 비용이 증가하는 것으로 검토되었다[8-10]. 따라서, 실효성 있는 수요응답형 교통 수단의 운영을 위해서는 이용자, 지역 및 지불 비용 등의 항목을 중심으로 분석이 수행되어야 한다.

본 연구에서는 수요응답형 버스의 발전 방향을 제시하기 위하여, 도시형 버스를 운행 중인 양산시를 분석 대상으로 선정하여 연구를 수행하였다. 기존 연구를 통해 수요응답형 버스의 정의 및 동향 등을 고찰하였다. 또한, 실제로 양산시에서 주행하는 버스의 디지털운행기록계(DTG: Digital Tacho Graph) 자료를 이용하여 실제 버스의 경로를 분석하고 대안을 제시하였다. 특히, 현장 조사를 통해 취득한 데이터 및 분석 결과에 기초하여 현재 운행하고 있는 방식 대비 개선된 운행 방식을 제안하였다.

본 연구에서 제시한 농어촌 지역에서 적용할 수 있는 수요응답형 버스의 교통 모델 및 운행 방안은 도시형 버스 도입을 고려하고 있는 지자체에서 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

2. 수요응답형 운영 관련 선행연구 검토

2.1 국내 도시형·농촌형 교통 모델 사업 현황

도시형·농촌형 교통 모델사업을 통해 도입된 공공형 버스는 일반적으로 고정 노선 방식의 버스 운행 방식에서 탈피하여, 수요응답형 형태로 운행된다[11]. 2019년 1월 22일 국토교통부와 농림축산식품부는 도시형·농촌형 교통 모델 사업을 발표하였다. 이를 통해 공공형 교통 모델(택시, 국토부) 및 농촌형 교통 모델(공공형 버스, 농식품부)로 구분하여 지원 및 운영하였던 사업 체계를, 도시형 교통 모델(국토부, 버스 및 택시)와 농촌형 교통 모델(농식품부, 버스 및 택시)로 개편하였다. 즉, 지역의 구분 및 지원사업의 주무 부처에 따라 도시형 모델과 농촌형 모델로 구분하되 운행하는 수단은 버스와 택시 모두 가능하도록 개편된 것이다. 도시형·농촌형 교통 모델 사업을 통해 제공되는 교통서비스는 총 3,405개(벽지명령노선 지정 기준)로 전북, 전남, 경북, 경남 순으로 많은 노선을 운영하고 있다. 노선당 평균 운행 횟수는 6.4회/일이며, 평균 운행 거리는 8.21km이다. 초기에는 택시의 비중이 높았으나, 점차 버스를 활용한 교통 모델사업이 확대되고 있다. 2020년 기준 자료에 따르면, 도시형 교통 모델은 10개 시도 69개시에 택시형 51개 및 버스형 54개를 적용하고 있으며 농촌형 모델로는 12개 시도 82개 군에서 택시형 74개 및 버스형 66개의 사업을 추진하고 있다[12].

2.2 수요응답형 운영 기법

본 연구에서 다루고 있는 공공형 버스는 국토부의 도시형 교통 모델 중 버스에 해당하며, 이는 일반적으로 도시형 버스라고 통칭하여 사용된다[13]. 기존 연구에서는 기종점, 운행 경로 및 횟수, 운행 시간, 정류소 등에 해당하는 운행 계통을 규정하지 않고 수시로 변경하며 다중이 동시에 이용할 수 있는 공공교통수단으로써(수요응답형) 정의하며, 4가지 유형으로 구분하고 있다[14-16].



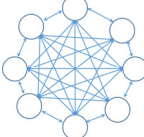
- Fixed Type : 기종점이 고정된 노선으로, 일반적인 버스 운행과 동일하나 예약제로 운영하는 방식
- Semi-Fixed Type : 예약 승객에 대한 위치를 고려하여 정류장의 탄력성이 확보된 형태
- Flexible Type : 기종점이 고정되어 있는 상태에서 가장 자유로운 운행하는 방식
- Virtual Flexible : 기종점을 포함하여 정류장, 운행

시간 모두가 비교적적으로 수요에 대응하여 운행하는 방식

상기 기준과 달리 수용응답형 버스의 기종점 간 운행 행태를 기준으로 총 4가지 형태로 분류가 가능하다. One-to-One 방식은 다수 수요의 이동 기점과 종점이 일정한 행태에 적합한 방식으로, 지하철역간 셔틀 버스 등에 활용되는 방식이라 할 수 있다. One-to-Many 방식은 출발 지점은 고정되어 있으나 목적지인 하차 위치가 서로 다른 승객을 이동시키는 방식으로 배달 및 하교 서비스에 적합하며, Many-to-One 방식은 여러 위치의 출발 승객을 고정된 한 지점의 목적지로 이동하는 서비스에 해당한다. 마지막으로, Many-to-Many 방식은 승객의 승하차 위치가 고정되어 있지 않고, 가장 자유도가 높은 운행 방식을 의미한다. Table 1에는 기존 연구 ([17,18])에서 제시한 내용을 정리하여 기종점 간 운행 행태에 따른 분류를 제시하였다.

각 방식은 지역 및 노선에 따라 이용자의 편의를 제공할 수 있는 방법을 선택적으로 활용할 수 있다. 특히, 수용응답형 버스 도입을 검토함은 해당 지역의 이동 수요가 적고, 발생 빈도가 불규칙함을 의미한다고 할 수 있다. 본 연구에서는 적극적으로 도입이 검토되고 있으며, 서비스 영역이 확대되고 있는 수용응답형 버스의 효율적인 서비스 제공을 위한 방안을 검토하였으며, 그 결과를 공유하는데 목적을 두고 연구를 수행하였다.

Table 1. The classification by O-D operation

Type	Concept Diagram	Use Cases
One-to-One		<ul style="list-style-type: none"> Delivery Vehicle Shuttle Bus
One-to-Many Many-to-One		<ul style="list-style-type: none"> Commuter Vehicle Airport Limousine Delivery Service
Many-to-Many		<ul style="list-style-type: none"> Errand services Disabled Call-Taxi

3. 양산시 도시형 버스 운행 현황 및 분석

3.1 양산시 도시형 버스 운행 현황

도시형 교통 모델 사업을 시행하고 있는 지자체 중, 경상남도에서는 ‘행복 택시’로 명명한 농촌형 모델과 함께 도시형 버스를 동시에 운영하고 있다. 도시형 버스는 대중교통 취약지역에 맞춤형 노선을 제공하기 위한 목적으로 도입하였다. 특히, 경상남도에서는 김해시 3개 노선, 양산시 8개 노선을 운영하고 있으며[19], 양산시 도시형 교통 모델은 2019년 처음 시작하였다. Table 2에는 각 노선별 출발지-도착지, 운영 방법, 운영 빈도, 버스 종류를 구분하여 제시하였으며, 양산시에서 운영 중인 각 노선의 노선도를 Fig. 1에 제시하였다.

Table 2. Bus operation system by bus route(Yangsan-Si)

Bus No.	Origin-Destination	Operation (Frequency)	Bus type (Seats)
#1	Wondong-Neulbat	DRT(5)	Van(11)
#2	Community Center-Terminal	Fixed(2) /DRT(4)	Van(15)
#3	Market-Downtown	Fixed(2) /DRT(24)	Van(24)
#4	Bank-Center	Fixed(7) /DRT(1)	Van(24)
	Bank-Industrial Complex	Fixed(4)	
#5	Terminal-Downtown	Fixed(1) /DRT(7)	Van(24)
	Intersection-Industrial Complex	Fixed(4)	
#6	Town(Nokdong)-Town(SinDaeseok)	DRT(7)	Van(24)
	Apartment-Industrial	Fixed(4)	
#7	Train Station-Town	Fixed(5) /DRT(2)	Van(15)
	Train Station-Temple	DRT(4)	
#8	Train Station-Waterfall	Fixed(7) /DRT(1)	Van(38)

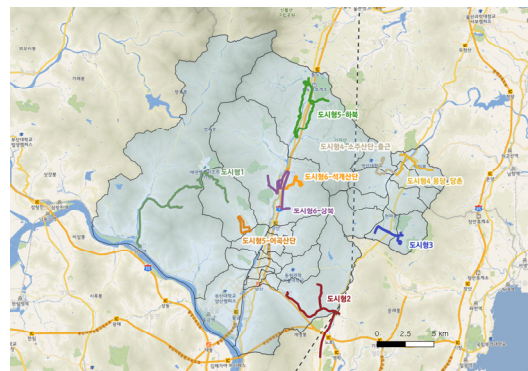


Fig. 1. Bus route map (Yangsan-Si)

버스 이용 승객 수요가 충분하지 않아 고정 또는 상시 운행 방식으로 버스 노선을 유지하는데 한계가 있는 경우, 수요 발생 시각에만 버스를 운행하는 방식으로 운행하여 노선 운행 및 유지 비용을 감축하는 방식을 채택하고 있다. 이와 같이 수요응답형 버스는 이용 승객 감소에 대한 한계를 극복하기 위하여 점차 확대 적용되고 있으며, 대중교통 사각지대를 최소화하는 목적으로 도입되었다.

양산시에서 운영 중인 수요응답형 버스를 운행 행태에 따라 구분하면, 고정(Fixed) 방식을 채택하고 있는 것으로 검토되었다. 차고지를 중심으로 시점과 종점이 설정되어 있으며, 정류장이 지정되어 있어 해당 정류장을 순환 후, 다시 차고지로 복귀하는 형태로 운영 중이다. 버스를 운행하는 목적 및 방법에 따라 운행 방식이 선택되는 특징을 가지며, 이 중 정류장을 중심으로 수요응답형 노선을 운영하는 경우에는 고정(Fixed) 또는 우회(Semi-Fixed) 방식이 적합한 것으로 검토되었다. 양산시에서 수요응답형으로 운행하는 경우에는 출발 시간 전에 예약하는 형태로 운행 중이다. 양산시에서 운영 중인 버스를 노선별로 분석하면, 4번, 5번, 6번, 7번 노선 버스의 경우, 수요가 존재하는 해당 정류장(죽전 마을)에만 진입하여 대응하거나 노선별로 모두 지역 및 이용자 수요에 따라 변형된 형태로 운행하는 것으로 분석되었다. 또한, 8번 노선 버스의 경우, 기존 시내버스가 운행하던 구간을 수요응답형으로 전환하여 운행하는 것으로 분석되었다. 양산의 도시형 버스 또한 수요가 상대적으로 적은 Fig. 2와 같이 4번 노선의 죽전마을을 우회 정류장으로 두고, 수요가 없는 경우에는 해당 마을을 지나쳐 운행하며, 수요가 있는 경우에만 해당 마을의 서비스를 제공하는 방식을 적용하고 있다. 이러한 경우는 전반적인 노선 계획상 특정 마을 등이 긴 진입로를 이용하여 우회하는 형태로 서비스가 제공되는 경우에 유리한 것으로 분석되었다.

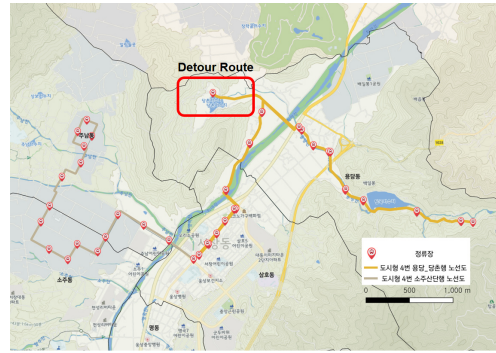


Fig. 2. Detour section of city bus No.4 (Jukjeon Town)

3.2 양산시 도시형 버스 운행 검토

본 연구에서는 양산시에서 운영되고 있는 도시형 버스의 운행 행태를 분석하였다. 양산시 도시형 버스 총 8개 노선 중, 세부적인 운행 현황을 분석할 수 있는 1~6번 노선을 분석하였다. 디지털운행기록계 데이터를 취득하여 자료를 분석하였다. 버스, 택시 등 대중교통과 화물자동차에는 의무적으로 DTG를 장착하여 운행하도록 법적으로 규정되어 있다. 이에 따라 택시 및 버스 운영사는 초 단위의 차량 운행 정보(운행 위치 및 시간, 이동 처리, 이동 시간, 승하차 시간, 영업 시간 및 거리 등)를 산출하여 주기적으로 관련 기관(한국교통안전공단)에 제출하도록 되어 있다[20].

본 연구에서는 한국교통안전공단의 협조를 통해 2021년 9월 1달간의 양산시 도시형 버스 6개 노선의 디지털운행기록계의 데이터를 취득하여 분석에 활용하였다. 디지털운행기록계에서 취득되는 데이터의 구성은 Table 3에 제시하였다. 또한, 디지털운행기록계에서 취득한 데이터를 계획 노선과 실제 도시형 버스의 주행 기록으로 구분하여 분석하였으며, 시뮬레이션 툴(QGIS

Table 3. Data List and Contents for Digital Tacho Graph

Item	Remarks	Item	Remarks
Model	Serial Number	Vehicle Speed	km/h (range:000~255)
Vehicle License Plate(I)	(신)00가0000 / (구)서울00가0000	RPM(Revolutions Per Minute)	Num / Minute
Vehicle License Plate(II)	KL0000000000000000(17digit)	Brake Signal	1(on) / 0(off)
Vehicle Registration Number	Vehicle Registration Number(12digit)	Vehicle Coordination	GPS X, Y-Coordination
Transportation Business Registration Number	1234567890(10digit)	Azimuth	GPS azimuth(0~360)
License Number	1234567890	Acceleration	m/sec ²
Driver ID	1234567	The number of Acceleration	Number
Driver Name	Last name, Family name	The number of Brake	Number
Vehicle Type	Commercial / Non Commercial	The number of Speeding	Number
Driving Distance (Day)	km/day	The number of Event	Number
Driving Distance (Total)	km(since vehicle driving)	Fuel Amount	L

Ver.3.26)을 사용하여 지도 상에 표출하였다. GIS 분석을 통해 계획 노선과의 차이를 통해 실제 승객 및 운전자가 도시형 버스의 운행 경로에 대한 확인이 가능하다. 실제 주행기록은 1달간 기록된 운행기록을 증첩하여 도출하였으며, 이에 운행 노선의 색이 진할수록 운행 빈도가 높은 구간이다. 양산시에서 운영하는 버스 노선별 운행 수요는 Table 4에 제시하였다.

각각의 버스 노선에 이용 빈도를 분석하면, 1번 버스 노선의 이용 승객수(Passenger)는 평균 68명으로 가장 적게 나타났으며, 운행 횟수(Frequency)는 도시형 2번 노선이 78대로 가장 적게 나타났다. 또한, 5번 버스 노선의 운행 횟수는 446대, 승객 수는 2,066명으로써 가장 많은 것으로 분석되었다.

또한, 버스 이용 행태에 따른 내용을 분석하면, 1번 노선의 경우 양산시 내 인구 밀도가 가장 낮고 산지에 해당한다. 또한, 지역적 특성을 반영하여 디지털운행기록계의 데이터를 분석한 결과는 Fig. 3에 제시 하였다. Y자형으로 생긴 노선도 중에서 북측에 위치한 ‘산지 마을’과 ‘범어사역’을 운행하는 구간으로써, 노선 계획과는 달리 실제 디지털운행기록계 기록 정보를 지도상에 표출하여 분석한 결과 특정 구간에 수요에 집중되어 있으며 적색 선이 연하게 표현된 부분은 타 노선 또는 구간 대비 수요가 적어 운행 횟수 또한 적게 나타난 것으로 검토되었다. 특히, 도시형 5번 버스의 경우, ‘통도사신평터미널’을 통과하여, 시외 지역(울산 등)으로의 이동이 가능한 노선으로써, 환승 및 관광객에 대한 이용 수요가 포함된 것으로 판단된다.

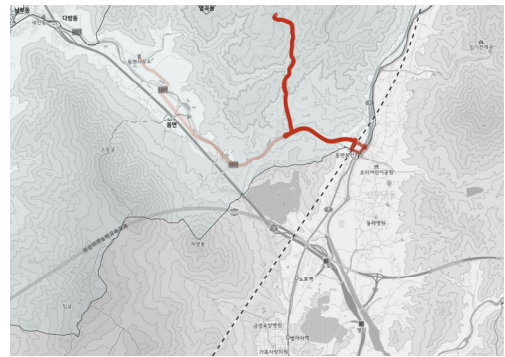


Fig. 3. Bus driving trajectory of bus No. 2

4. 수요응답형 버스의 발전 방향

본 장에서는 8개의 노선을 3년 이상 운행하고 있는 양산시의 수요응답형 버스의 운영 현황을 검토하여 보다 효과적인 수요응답형 버스의 운행 방식을 제시하였다. 대상 마을의 인구 수가 낮고 이동 수요가 극히 제한적일 경우에는 버스 노선이 비효율적으로 운행될 수 있다. 이를 회피하기 위한 방안으로써, 우회(Semi-Fixed)방식을 채택하여 적용하는 방안을 대안으로써 제시할 수 있다. 현재, 양산시의 2번 노선은 우회(Semi-Fixed)방식이 유리함에도 불구하고 고정(Fixed)방식을 채택하여 운행 중에 있다. 이러한 한계에 대한 대안으로써, 특정 요일 및 시간에 발생하는 수요에 대한 데이터를 축적한 후, 이를 바탕으로 예약 수요가 없고 기존 이력에도 수요가 발생하지 않는 경우, 탄력적으로 우회(Semi-Fixed)방식을 적용할 수 있다. Fig. 4에는 본 연구에서 제안한 방안을

Table 4. Monthly operation frequency and number of passengers by city bus route

Year / Month	No.1		No.2		No.3		No.4		No.5		No.6		All (Avg.)	
	Frequency (Number)	Passenger (Person)	Frequency (Number)	Passenger (Person)	Frequency (Number)	Passenger (Person)	Frequency (Number)	Passenger (Person)	Frequency (Number)	Passenger (Person)	Frequency (Number)	Passenger (Person)	Frequency (Number)	Passenger (Person)
2020.12	107	60	80	185	71	95	38	37	-	-	-	-	74	94
2021.01	87	36	83	167	203	331	95	67	-	-	-	-	117	150
2021.02	70	29	58	139	200	361	92	91	-	-	-	-	105	155
2021.03	129	75	85	288	244	476	118	100	545	2,490	229	373	225	634
2021.04	146	117	81	316	239	482	125	122	674	3,522	298	481	261	840
2021.05	158	111	79	282	234	532	141	176	671	3,314	293	450	263	811
2021.06	136	72	85	265	237	526	170	216	652	2,938	298	532	263	758
2021.07	140	90	77	232	239	537	176	184	642	2,919	302	609	263	762
2021.08	113	48	73	204	220	433	179	193	642	2,505	294	542	254	654
2021.09	98	43	78	220	225	515	168	205	637	2,969	286	687	249	773
Avg.	118	68	78	230	211	429	130	139	446	2,066	200	367	207	563

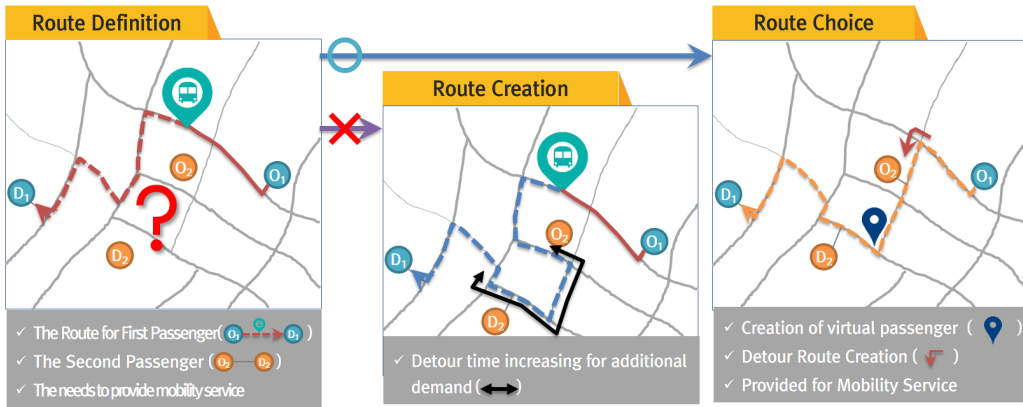


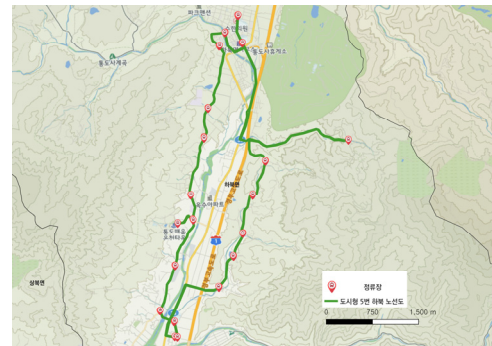
Fig. 4. Proposal of a detour method based on predicted passenger demand

도식화하여 제시하였으며, 이러한 방식을 적용 할 경우에는 효율적인 운행 및 승객 서비스가 가능할 것으로 예상된다.

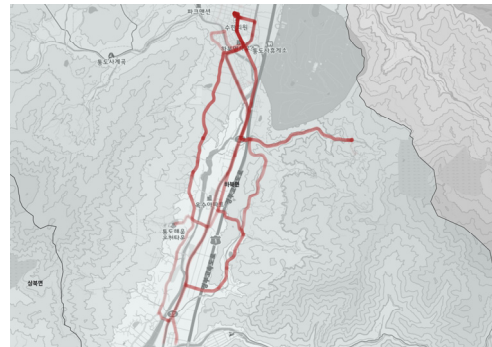
양산시의 5번 노선을 기준으로 디지털운행기록계를 지도상에 배분한 결과 및 운전자의 수기 운행 기록지, 현장에서 직접 관찰하여 취득한 운행 현황을 종합적으로 검토하면, 승객 이용 수요에 따른 변화를 분석할 수 있다. 승객 수요가 많은 5번 노선에 대한 1회 운행시 탑승객의 수를 실제 수기로 기록된 운행 기록지를 기반으로 검토한 결과, 1일 이용객 평균이 4.7명이며 정차한 정류장은 최대 10개 정류장에서 최소 2개 정류장을 대상으로만 서비스 수요가 발생한 것으로 분석되었다. 이러한 차이는 최소 인원 및 정류장을 최소한으로 이용하는 경우, 지정된 노선이 아닌 보다 빠른 서비스 제공이 가능한 경로를 실제로 이용한 결과로써 분석할 수 있다. Fig. 5(a)에는 5번 버스의 노선도, Fig. 5(b)에는 5번 버스의 주행 궤적을 구분하여 제시하였다.

실제 운행 기록과 같이, 수요에 따라 다양한 경로를 선택하여 운행하는 현황을 고려할 때, 5번 버스의 경우 고정형(Fixed) 또는 우회(Semi-Fixed) 방식을 포함한 기존 정형화된 수요응답형 운행 방식과는 다른, 현장에 적합한 독자적인 모델을 적용하여 운영하는 것이 더욱 효율적일 것으로 판단된다.

운행 현황을 고려할 때, 기중점은 고정 지점으로 운영 하되, 노선 및 모든 정류소를 모두 감응형으로 설정하여 실시간 수요에 대응하여 운행하는 것이 보다 효율적인 운행 및 승객의 이동을 보다 적절하게 대응하는 대안이 될 수 있다. 즉, 고정 방식과 우회 방식에 경로의 경우에는 다이내믹 방식을 혼합한 형태가 되며, Fig. 6과 같이 나타낼 수 있다.



(a) Bus route map (Bus No.5)



(b) Bus Trajectory data (Bus No.5)

Fig. 5. Bus route map and trajectory data

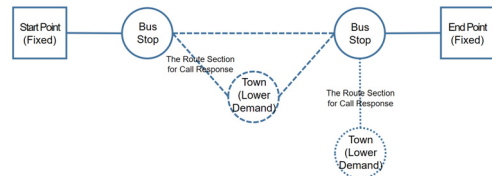


Fig. 6. Proposal of urban bus operation plan considering the current situation of rural and remote area

양산시의 4번 노선의 경우, 죽전 마을과 같이 수요가 매우 적고 우회 거리가 긴 경우에 해당한다. 이러한 노선에서는 100% 사전 수요에 대해서만 대응하는 정류소 및 노선 구간으로 설정하는 방식이 필요하다. 특히, 기종점에 가장 인접한 노선 및 정류소는 반드시 거쳐야 하므로 고정 노선 및 고정 정류소로 설정하되, 그 외 지역의 경우 예약 감응 노선 구간으로 설정하여 운영하는 방식이다. 예약 감응 대응시에도 그 빈도에 따라 크게 '예약 감응 및 예측 수요 대응' 및 '예약 감응 대응'으로 구분하여 접근하는 방식을 제안한다. '예약 감응 및 예측 수요 대응' 정류소 및 노선 구간은 상시적인 수요는 없으나 특정 빈도 또는 요일 및 시간에 수요가 발생하는 경우에 더욱 효과적일 것으로 판단된다.

5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 지역 인구 감소와 대중교통 서비스의 질적·양적 저하가 나타나고 있는 농어촌 지역의 벽지 구간에 적용할 수 있는 교통 모델을 검토하고, 발전적인 운행 방안을 제안하였다.

농촌형 교통 모델의 도입과 관련한 법률을 검토하였으며, 도시형 버스의 운영이 가장 많은 경상남도 양산시를 대상으로 분석을 수행하였다. 양산시에서 운영 중인 도시형 버스는 지역 및 이용 승객의 특성에 따라 운행 방식을 결정하고 있으며, 시간대 및 이용 수요를 고려하여 수요 대응의 형태로 서비스를 제공 중에 있다. 이와 같은 배경 및 운행 방식 결정에도 불구하고, 실제 이용 수요가 적어 노선과는 다른 형태의 운행 형태를 나타내는 것으로 검토되었다. 이와 같은 실제 운행 방식 및 지역 특성을 고려하여, 본 연구에서는 기존 운행 방식을 혼용한 형태를 발전방안으로 제안하고자 한다. 기점과 종점을 기준으로 반드시 운행해야 하는 정류소는 고정형으로 운행하되, 그 외 지역은 예약 감응형으로 운영하는 방식이다. 여기서, 농어촌 및 벽지 지역의 특성을 반영하여 파리의 형태로 형성되는 마을로의 긴 접근이 필요한 정류소는 예약 감응 대응만을 적용하고, 그 외 지역은 예측 수요를 포함하여 운행 노선을 결정하는 기존 유형에서는 벗어난 방식을 제안하였다.

이와 같은 방식은 운행 예약을 대응하기 위해 전화로 상시 대기 및 대응해야 하는 운전자의 피로도를 감소시킬 수 있으며, 1시간에 1회 운행하는 기존 방식에 따라 최대 1시간 50분까지 대기해야 하는 이용자의 대기시간

을 시스템적 운영계획을 통해 승객의 대기시간을 감축시킬 수 있을 것으로 기대하며, 지역의 이동수요가 충분히 발생하지 않는 지역을 대상으로 한 승객 서비스에는 매우 큰 장점으로 작용할 수 있을 것으로 기대한다. 양산시의 경우, 도시철도를 포함하여 신도시가 위치하고 있으며, 산업단지가 배치되어 있는 등 타 농어촌 및 벽지노선 대비 수요가 많은 도시에 해당한다. 이를 고려할 때, 양산시보다 대중교통 수요가 적은 지역의 경우에는 도시형 교통 모델을 도입하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

본 연구의 결과를 발전시키기 위해서는 다음의 연구가 추가적으로 수행되어야 한다. 첫째, 양산시에서 운행되는 버스의 현화 자료와 디지털운행기록계에서 수집한 주행 기록을 이용하여 도시형 버스의 발전 방향을 제시하였다. 향후 연구에서는 타 지역의 자료를 추가적으로 수집하여, 양산시와의 비교 분석이 필요하며, 분석 결과를 이용하여 운행 검토에 대한 연구 방법 등을 객관적으로 제시해야 한다. 둘째, 본 연구에서는 GIS 분석 기법을 이용하여 현황 및 행태를 분석한 결과에 기초하여 도시형 버스의 발전 방향을 제시하였다. 향후 연구에서는 통계 분석과 예측 모형을 사용하여 결과에 대한 객관적으로 증빙할 수 있는 연구가 수행되어야 한다.

본 연구에서 제안한 방법론은 농어촌 지역에서 적용할 수 있는 도시형 버스 도입에 기초 연구로서 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] Hospers and reverda, "Managing Population Decline in Europe's Urban and Rural Areas", *Public Administration, Faculty of Behavioural, Management and Social Sciences*, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12412-4>
- [2] Johnson and Lichter, Rural Depopulation: Growth and Decline Processes over the Past Century, *Rural Sociology*, Vol.84, No.1, pp.3-27, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1111/ruso.12266>
- [3] Y.N. Kim, "Analysis Priority of Governance Factors for Community Based Tourism of Rural Village: Focused on Jeju Shehwa Village", *The Korea Academic Society of Tourism and Leisure*, Vol.34, No.3, pp.105-125, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.31336/JTLR.2022.3.34.3.105>
- [4] S. Jeon, S. Chung, and S. Kim, "A Study on Analysis of Operating Cost Properties to Demand Responsive Transport System in Rural Areas", *Journal of the Korean Society of Civil Engineering Research*, Vol.32, No. 6D, pp.571-577, 2012.

- DOI: <https://doi.org/10.12652/Ksce.2012.32.6D.571>
- [5] J. Choi, M. Kang, J. Song, and K. Y. Hwang, "A Study on Introduction of Demand Responsive Transport(DRT) Rural-Urban Mixed Area", *Korea Society of Transportation*, Vol.40, No. 3, pp.289-304, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.7470/JKST.2022.40.3.289>
- [6] J. Brake, J. D. Nelson, and S. Wright, "Demand Responsive Transport: Towards the Emergence of a New Market Segment", *Journal of Transport Geography*, Vol.12, No. 4, pp.323-337, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.itrangeo.2004.08.011>
- [7] Jeonbuk Institute (2016), Outcome and Task of Jeonbuk DRT (Demand Responsive Transport), Jeonju, South Korea. (in Korean).
- [8] M. Diana, L. Quadrifoglio, and C. Pronello, *A Methodology for Comparing Distances Traveled by Performance equivalent Fixed-route and Demand Responsive Transit Services*, *Transportation Planning and Technology*, Vol.32, Issue 4, pp.377-399, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1080/03081060903119618>
- [9] X. Li, and L. Quadrifoglio, "Feeder Transit Services: Choosing between Fixed and Demand Responsive Policy", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol.18, No. 5, pp.770-780, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2009.05.015>
- [10] D. Edwards, and K. Watkins, "Comparing Fixed-route and Demand-responsive Feeder Transit Systems in Real-world Settings", *Transportation Research Record 2352*, pp.128-135, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.3141/2352-15>
- [11] J. Brake, J. D. Nelson, and S. Wright, "Demand responsive transport: towards the emergence of a new market segment", *Journal of Transport Geography*, Vol.12, No.4, pp.323-337, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.itrangeo.2004.08.011>
- [12] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020 Remote Area Route Support Project Effect Analysis and Improvement Plan, 2022.
- [13] https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?new_sld=156313986
- [14] Korea Transportation Safety Authority, Research on System Design and Operation Plan for Demand-Response Transportation (DRT), 2015.
- [15] M. Enoch, S. Potter, G. Parkhurst, and M. J. Smith, INTERMODE: Innovations in Demand Responsive Transport, Department for Transport and Greater Manchester Passenger Transport Executive, 2004.
- [16] GyeongNam Development Institute, A Study on Demand-Response Transportation (DRT) System in Gyeongnam, 2009.
- [17] R. F. Kirby, K. U. Bhatt, M. A. Kemp, R. G. McGillivray, and M. Wohl, Neglected Options for Urban Mobility, The Urban Institute, Washington, D.C., 1974
- [18] Guidebook for Measuring, Assessing, and Improving Performance of Demand-Response Transportation, Transportation Research Board, TCRP Report 124, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.17226/23112>
- [19] <http://bus.yangsan.go.kr/>
- [20] Korea Transportation Safety Authority (TS): Digital Tacho Graph(DTG) User Manual: Korea Transportation Safety Authority (TS): Gimcheon-si, Korea, 2017.

노 창 균(Chang-Gyun Roh)

[정회원]



- 2008년 2월 : 연세대학교 도시공학과 (공학석사)
- 2012년 2월 : 연세대학교 정보산업도시공학과(도시) (공학박사)
- 2012년 2월 ~ 2016년 2월 : 연세대학교 도시공학과 강사
- 2014년 5월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>

교통류, 모빌리티 서비스, 자율주행 지원 인프라

박 재 흥(Jaehong Park)

[정회원]



- 2011년 2월 : 한양대학교 교통공학과 (교통공학석사)
- 2021년 2월 : 한양대학교 교통물류공학과 (교통공학박사)
- 2011년 1월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>

교통 운영, 교통 안전, 자율 주행