

수요응답형 버스 운행 경로 변화에 따른 농촌지역의 도로교통소음 변화에 대한 평가

Evaluation of Road Traffic Noise Change due to Bus Route Variation of Demand Responsive Transit Scenario in Rural Area

이 재 관[†] · 노 창 균* · 유 지 수**

Jae Kwan Lee[†], Chang-Gyun Roh* and Jisu Yoo**

(Received July 26, 2023 ; Revised August 28, 2023 ; Accepted August 29, 2023)

Key Words : Public Transport(대중교통), Semi-flexible Route(반유연 경로), Noise Prediction(소음예측)

ABSTRACT

Demand responsive transit (DRT) bus operations, with anticipated time, economic, and environmental benefits, are being actively promoted in rural areas. DRT is a model that operates buses based on passenger demand, rather than fixed schedules and routes. The aim of this study is to assess potential improvement in the noise environment resulting from the implementation of DRT bus services. Five DRT bus operation scenarios were derived based on the locations of demand. Then the road traffic noise for each scenario was predicted by measuring the road traffic noise of the study area, focusing on the original bus route, and a three-dimensional noise prediction model was constructed to employ road traffic noise prediction for the five scenarios. The predicted noise levels in the existing bus route scenario were compared to the five DRT scenarios; the noise level in certain areas was reduced. The area where noise was reduced was influenced by traffic volume and topography. The change in noise level by the DRT scenario was highest in the locations with the lowest traffic and that were surrounded by mountains.

1. 서 론

농어촌 지역과 같은 지방 소도시는 인구 고령화와 동시에 인구 감소가 발생하는 가운데 대중교통의 운영은 수요 감소와 재정적 어려움을 동시에 겪고 있다. 하지만 고령 인구를 위한 대중교통을 유지해야 할 필요성이 있기 때문에 일부 지자체에서는 기존 대중교

통 노선 폐지 후 복지교통수단의 하나인 DRT (demand responsive transit)를 도입해 대체하고 있다⁽¹⁾. DRT 방식의 대중교통이란 정해진 시간, 경로에 대한 운영이 아닌 수요 발생 시 수요가 발생한 위치에 대해 운영하는 서비스를 말한다. DRT 방식의 버스는 정해진 경로에서 일부 가변적으로 경로를 설정하여 효율적인 경로로 운행되기도 한다⁽²⁾. 이러한 운행 경로의 변경은 불필요한 버스 운행을 줄여 경제적, 환경적 이익

[†] Corresponding Author ; Member, Korea Institute of Civil Engineering and Buiding Technology, Postdoctoral Researcher
E-mail : jklee645@kict.re.kr

* Korea Institute of Civil Engineering and Buiding Technology, Research Fellow

** University of Seoul, Ph.D. Candidate

A part of this paper was presented at the KSNVE 2023 Annual Spring Conference

‡ Recommended by Editor Jooyoung Hong

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

을 가져오기도 한다^(3,4). 특히 교통량이 적은 지역은 버스와 같은 대형차의 통과 여부가 도로교통소음에 미치는 영향력이 크기 때문에 불필요한 통행을 줄임으로 소음 환경적 이익을 예상할 수 있고 소음피해비용이 도심에 비해서는 작지만⁽⁵⁾ 일정 부분 감소를 예상할 수도 있다.

이 연구에서는 DRT 수요 발생 시나리오에 따라 버스 경로를 설정하고 경로 변화에 따른 도로교통소음 변화를 예측해보려고 한다. 연구 대상은 경상북도 양산시 하북면 일대에서 운영 중인 DRT 서비스인 도시형버스와 그 주변 지역이다. 연구 대상지역의 도시형버스는 승객들이 전화로 직접 예약하고 예약된 시간에 정해진 경로를 중심으로 운행하는 형태이다. 다만 효율적인 운행을 위해 수요 발생 위치에 따라 가변형 경로를 이용하고 있다. 따라서 이번 연구에서는 수요 발생 시나리오에 따라 발생 가능한 다양한 경로 중 대표적인 5개의 경로를 도출하고, 연구 대상 지역에 대한 소음 현황 조사와 각 시나리오에 따른 소음 예측을 수행했다. 각 수요응답 시나리오에 따른 소음 예측 결과와 현재의 버스 경로 유지 시 예측되는 소음도를 비교하여 소음 환경적 이익에 대해 평가했다.

2. 연구 방법

2.1 소음 현황 조사

도시형버스는 Fig. 1과 같이 대상지역을 원형으로 순환하는 형태로 운행하고 있다. 대상지역의 북부는 거주 및 상업지역이고, 남부는 소규모 공장단지가 존재하며, 중심부는 소규모 농촌 마을이 퍼져있고 산지로 둘러싸인 지방 소도시이다. 버스가 통과하는 도로는 왕복 2차선의 소규모 도로가 대부분이지만 일부 구간은 왕복 6차선인 양산대로를 포함한다. 양산대로는 35번 국도 중 일부 구간으로 해당지자체의 중심도로이다. 그 외에 경부고속도로가 연구 지역의 중심을 가로지르고 있으며 구간 일평균 교통량은 약 72 000대이다⁽⁶⁾.

현행 도시형버스 노선을 중심으로 7개의 지점에서 소음 측정을 수행했다. 측정 지점은 Fig. 1과 같이 현행 버스 노선 주변 지역으로 설정했으며 교차로 등이 없어 교통량이 변하지 않고 다른 이상 소음이 발생하지 않는 지역으로 설정하였다. 측정은 2023년 4월 초에 수행했고 봄철 지역 축제 등으로 인해 교통량이 평소보다 약간 늘어난 상황이었다. 소음 측정은 Class 1⁽⁷⁾

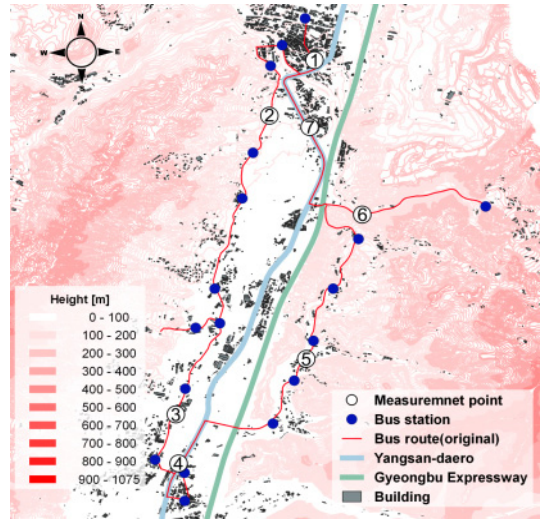


Fig. 1 Bus route and measurement points in the study area

을 만족하는 소음계(NL-52, RION)를 이용했으며 측정 당시 주변 도로의 교통량을 같이 수집하였다. 다만 도시형버스가 통과하지 않는 왕복 6차선 고속도로가 중심 지역을 통과하고 있기 때문에 측정된 소음은 순수하게 도시형버스가 통과하는 도로 소음보다 과대 평가될 가능성이 있다.

2.2 DRT 운행 시나리오

도시형버스의 운행은 DRT 방식의 도입으로 고정형인 현재 노선에서 가변적으로 경로의 변경이 가능하다. 이번 연구에서는 예상 가능한 변형된 경로 중에서 대표적인 경로 5가지를 선택해 소음 예측을 수행하려 한다. 이를 위해 대상 버스의 운행 방식과 그간 승객들의 이용 패턴을 분석하였다. 먼저 이번 연구의 대상 버스는 현재 시간당 1회 운행을 기본으로 한다. 탑승객의 수요가 많은 오전 시간에는 시간당 2회 버스가 운행하며, 오후 시간에는 시간당 1회 운행한다. 오후 시간엔 고령의 승객이 이용하는 경우가 대부분이며, 버스가 대기하는 동안 승객이 전화로 예약을 하는 방식의 DRT 운행을 동반한다. 1시간 단위로 수요조사를 실시하고 수요가 발생하지 않으면 해당 시간에는 운행하지 않는다. 또한 실제 버스의 주행기록에 따르면 기존 버스 경로가 아닌 도로를 이용하며 경로를 단축하기도 한다⁽⁸⁾.

버스의 실제 주행 경로를 기록한 DTG (digital tacho

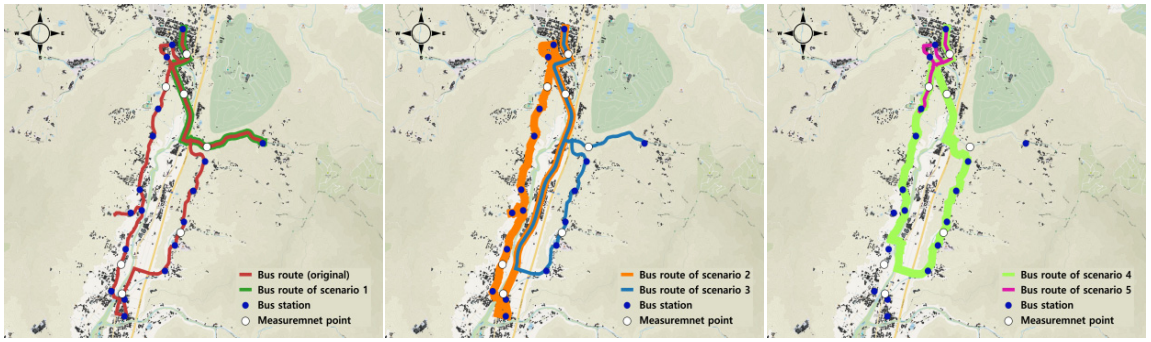


Fig. 2 Bus routes for each of the five DRT scenarios

graph) 데이터⁽⁹⁾ 및 수기 기록을 기반으로 출발지와 도착지 분포 분석 결과⁽⁹⁾를 반영하여 semi-flexible 방식⁽⁹⁾의 버스 운행 경로 5개를 도출했다. Semi-flexible 방식은 항시 고정적인 수요가 있는 구간과 아닌 구간이 혼합된 지역에 유리한 DRT 운행방식으로, 고정된 노선에서 일부분을 가변적으로 변경하는 방식을 말한다⁽⁹⁾. 이 연구에서는 현재의 노선에서 수요가 발생하는 위치에만 대응하도록 일부 구간만 노선이 변경되는 5개의 대표적인 경로를 도출했다. 각 DRT 시나리오별 버스 운행 경로는 Fig. 2와 같다. 기존 버스 경로의 기점은 동일하게 유지하고, 시간당 운행 대수는 기존과 동일하다고 가정했다. 각 경로는 도시형버스가 기점에서 대기하는 시간동안 수요가 발생한 정류장을 통과하도록 설정되었다. 대기시간동안 수요가 발생하지 않은 지역은 통과하지 않도록 하며 필요시 극단적으로 짧은 경로까지 허용한다.

2.3 소음예측

DRT 운행 시나리오에 따른 연구 대상지역의 소음도 변화를 평가하기 위해 3차원 소음 예측 모델을 작성했다. 앞서 Fig. 1의 각 측정 지점에 대한 소음 예측을 수행하여 지점별 소음 변화를 평가하였으며, 연구 대상 지역에 대한 소음지도도를 작성하여 주변 지역에 대한 소음 변화를 평가하였다. 소음 예측 모델 작성 및 소음 예측은 실외소음 시뮬레이션 프로그램인 SoundPLAN 8.2를 활용했다. 도로교통소음의 예측식으로는 RLS-90⁽¹⁰⁾을 이용했다.

3차원 소음 예측 모델은 버스 노선이 통과하는 지역을 중심으로 주변 지역에 대해 지형, 건물, 도로 등을 구현하였고 환경부 고시 소음지도의 작성방법⁽¹¹⁾

Table 1 The difference of heavy vehicle rate between the maximum bus scenario and the DRT scenarios [%]

Site	Scenario				
	1	2	3	4	5
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	3.704	0.000	3.704	0.000	0.000
3	4.762	0.000	4.762	0.000	4.762
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.973
5	16.667	16.667	0.000	0.000	16.667
6	0.000	5.556	0.000	5.556	5.556
7	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003

을 바탕으로 작성했다. 도로는 현행 도시형버스 노선과 연구 지역 중심에 위치한 양산대로, 경부고속대로를 구현하였고 그 외 1차로 도로는 구현하지 않았다. 각 도로에 입력 교통량을 달리하여 현행 버스 노선을 유지하며 일일 최대 버스 운행에 의한 도로교통소음과 DRT 운영에 따른 도로교통소음의 예측을 수행한다. 먼저 소음 예측 모델의 검증에 위해 현장 소음 측정 당시 수집한 각 도로 및 양산대로의 교통량을 이용했다. 다만 경부 고속도로는 구간 일평균 교통량을 이용했다⁽⁶⁾. 다음으로 현장에서 수집한 교통량에 도시형버스의 일일 최대 운행을 반영한 교통량을 산정하여 일일 최대 버스 운행에 의한 도로교통소음을 예측하는데 이용했다. 마지막으로 5개의 DRT 운행 시나리오에 따른 도로별 교통량을 산정하여 시나리오별 소음 예측을 수행하는데 이용했다. 각 시나리오에 따라 각 측정 지점 주변 도로에 입력한 교통량의 대형차 혼입률의 차이는 Table 1과 같다. 각 시나리오별 입력 교통량은 기존 일일 버스 최대 운행 교통량에 DRT 버스 운행에

따라 대형차의 수를 감가산해 계산했다. 대형차의 감가산해는 경로로 설정된 도로에 대해 시간당 1회 왕복으로 통과하는 것을 가정하여 수행했다. 소형차의 수는 변화가 없는 것으로 가정하고 소음 예측을 수행했다. 소음 예측은 현장 소음 측정지점에 대한 예측과 대상 지역에 대한 소음지도 작성으로 수행했다.

3. 연구결과

3.1 현장 소음 측정 및 예측 결과

7개의 현장 소음 측정 지점별 도로교통소음의 측정 소음도와 예측 소음도는 Table 2와 같다. 현장 소음 측정 시 수집한 교통량과 경부고속도로의 일평균 교통량을 소음 예측 모델에 입력하여 예측한 결과, 모든 지점의 예측 소음도는 측정 소음도와 차이가 3 dB(A) 이내로 검증되었다. 소음 측정 지점 4, 7번 지점은 가장 소음도가 높은 지점으로, 버스 노선 중 양산대로를 이용하는 구간이며 가장 소음도가 낮은 5, 6번 지점의 경우 가장 가구 수가 적고 교통량이 적은 구간이다.

검증된 3차원 소음 예측 모델에 다른 조건을 적용하여 소음 예측을 수행했다. 도시형버스는 현재 일일 운행 일정에서 시간당 한 대의 버스 1회 운행이 기본이지만, 오전 시간의 경우 시간당 한 대의 버스가 2회 운행한다. 따라서 오전 시간대로 가정하여 버스 운행이 2회일 경우, 예측 소음도는 수집 교통량에 의한 예측 소음도 대비 최대 5.8 dB(A) 증가했다. 버스가 양

산대로를 통과하는 구간인 1, 4, 7번 지점의 경우 예측 소음도의 변화가 0.7 dB(A) 이내로 작게 나타났다. 양산대로의 경우 현장 소음 측정 당시 수집한 교통량이 시간당 950대 이상이었기 때문에, 도시형버스 추가에 따른 소음 변화는 크게 발생하지 않는 것으로 판단된다. 시간당 교통량이 50대 이하인 5, 6번 지점의 경우, 버스 운행으로 인한 대형차 통행량 증가로 각 지점별 예측 소음도가 5.8, 2.6 dB(A) 증가하여 버스 운행에 따른 소음의 영향력이 큰 것으로 판단된다. 다만 RLS90 예측식은 소음 예측에 있어 대형차 혼입률의 영향력이 다른 예측식에 비해 높은 것으로 나타났다⁽¹²⁻¹⁴⁾. 따라서 실제 버스 운행에 따른 소음 변화량 보다는 높게 평가되었을 가능성이 있다.

다음으로 DRT 시나리오에 의한 소음 변화만을 평가하기 위해 연구 대상지역에서 가장 큰 도로교통소음원인 경부고속대로를 제거하고 지점별 소음도를 예측했다. 그 외 버스 노선이 통과하는 도로와 양산대로는 유지하였다. 버스 운행이 가장 많은 오전 시간대 예측 소음도와 동일 조건에서 경부고속도로만 제거하여 예측한 결과를 비교하면, 각 예측 지점에서 0.2~1.0 dB(A) 소음도가 감소하는 것을 확인했다. 따라서 각 지점에서 고속도로에 의한 영향은 크지 않은 것으로 판단된다. 특히 5번 지점의 경우 소음도 감소가 0.2 dB(A)로 가장 작았는데 이는 지형적 원인에 의한 것으로 판단된다. Fig. 1에서 확인 가능하듯 경부고속도로와 5번 지점 사이에 높이 약 200 m의 언덕이 존재하기 때문에 고속도로에서 발생하는 소음이 자연적으로 차폐되는 효과가 발생했기 때문으로 판단된다.

Table 2 The results of the road traffic noise measurement and prediction at each site [dB(A)]

Site	Measured noise level	Predicted noise level		
		Collected traffic volume	Maximum bus scenario (with highway)	Maximum bus scenario (without highway)
1	61.9	64.4	65.1	64.1
2	61.8	61.2	63.0	62.3
3	62.4	65.1	65.9	65.4
4	66.5	68.2	68.2	67.7
5	50.5	50.1	55.9	55.7
6	55.7	58.5	61.1	60.4
7	66.6	69.3	69.3	68.5

3.2 DRT 시나리오에 따른 소음도 변화

검증된 3차원 소음 예측 모델을 이용하여 5개의 DRT 운행 시나리오에 따른 소음 예측을 수행했다. 각 시나리오별 교통량에 따른 소음 예측은 각 측정 지점에 대한 예측과 대상 지역에 대한 소음지도 작성으로 수행했다. 먼저 각 지점별 소음 예측 결과는 Table 3과 같다. 모든 시나리오에서 기점은 동일하게 설정하였기 때문에, 버스 기점과 가까운 1번 지점은 버스가 필수적으로 통행하여 시나리오 별 소음도 변화가 없다. 그리고 교통량이 많은 양산대로 주변 측정 지점인 4, 7번 지점에서 소음도 변화가 없는 것으로 나타났다. Table 2에서 확인 가능하듯 4, 7번 지점의 도로에서 시나리오 별로 대형차 혼입률의 변화가 1% 내외로 작기 때문

에, DRT 버스의 운행이 소음도에 영향을 주지 못한 것으로 판단된다. 하지만 시간당 교통량이 적은 지역은 DRT 시나리오에 따라 소음도 차이가 발생했다. 특히

5번 지점의 경우 시나리오에 따라 최대 6.5 dB(A), 6번 지점은 3.1 dB(A)의 소음도 차이가 발생했다. 이처럼 높은 소음도 변화는 5, 6번 지점 주변이 산지로 막혀 있기 때문에 양산대로와 경부고속도로의 소음 영향이 적고, 대형차 혼입률의 변화가 커서 발생하는 특이 케이스라고 판단된다. 다만 국내 농어촌 지역의 소규모 마을은 비슷한 유형의 지형인 경우가 많을 것으로 예상되기 때문에 지속적인 연구가 필요하다.

Table 3 The result of noise prediction by DRT scenario [dB(A)]

	Site	Scenario				
		1	2	3	4	5
with highway	1	65.1	65.1	65.1	65.1	65.1
	2	60.9	63.0	60.9	63.0	63.0
	3	65.0	65.8	65.0	65.0	65.0
	4	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2
	5	49.4	49.4	55.9	55.9	49.4
	6	61.1	58.0	61.1	58.0	58.0
	7	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3
without highway	1	64.1	64.1	64.1	64.1	64.1
	2	59.8	62.3	59.8	62.3	62.3
	3	64.4	65.4	64.4	64.4	64.4
	4	67.6	67.7	67.6	67.6	67.6
	5	48.5	48.5	55.7	55.7	48.5
	6	60.4	56.5	60.4	56.5	56.5
	7	68.5	68.5	68.5	68.5	68.5

고속도로를 제외하고 예측한 경우에도 각 지점별 소음 변화는 유사하게 나타났다. 교통량이 많은 지점들은 고속도로를 예측에서 제외해도 시나리오에 따른 소음의 변화가 없는 것으로 나타났다. 하지만 고속도로를 제외하고 소음 예측 수행 시 DRT 버스의 통과 유무에 따라 소음도 변화가 5번 지점은 7.2 dB(A), 6번 지점은 5.1 dB(A)로 커지게 되었다. 이는 고속도로를 제거함으로 인해 버스가 통과하는 도로의 교통량 변화가 해당 지점의 소음 예측에 영향력이 더 커졌기 때문으로 판단된다.

DRT 시나리오 별 대상 지역의 소음 예측을 수행해 작성한 소음지도와 현재의 버스 운행에 따른 소음 지도를 비교하여 현재 대비 DRT 운영에 따른 소음 저

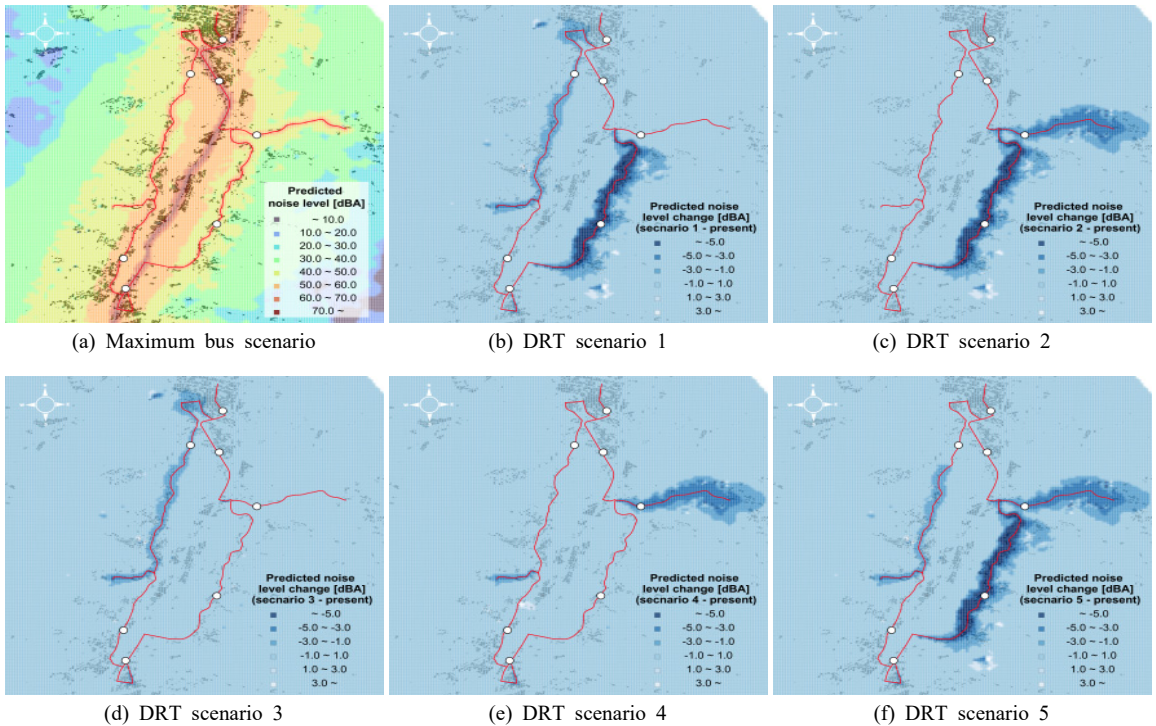


Fig. 3 Noise prediction change by DRT scenarios (without highway)

Table 4 The area where the noise level is reduced by more than 3dB(A) [km²]

Scenario	With highway	Without highway
1	0.252	0.613
2	0.428	0.924
3	0.014	0.033
4	0.200	0.365
5	0.446	0.959

감 효과를 비교했다. Fig. 3은 DRT 시나리오 적용 시 현재 버스 운행 대비 소음도 변화를 나타낸다. Table 4는 DRT 시나리오 적용 시에 현재 버스 운행 대비 3.0 dB(A) 이상의 소음 저감 효과가 발생할 것으로 예상되는 지역의 면적이다. 버스 운행 경로가 극단적으로 짧은 시나리오5 적용 시 대상 지역의 소음 저감 효과가 가장 높은 것으로 나타났다. 하지만 버스 운행 경로의 길이가 짧다고 해서 소음 저감 효과가 커지는 것은 아니었다. 시나리오1 경로의 길이는 두 번째로 짧지만 버스가 교통량이 적어 대형차 혼입률에 민감한 지역을 통과하기 때문에 소음 저감 효과가 크지 않은 것으로 나타났다. 또한 시나리오3의 경우 경로 길이가 세 번째로 길지만 5번 예측 지점을 통과하여 소음 저감 효과는 가장 적은 것으로 나타났다. 따라서 DRT 운영으로 소음 저감 효과의 극대화를 위해서는 경로 선택 시 소음도가 교통량 변화에 민감한 지역을 피하는 것이 필요하다. 하지만 복지교통의 제공이라는 측면에서는 해당 지역으로의 운행이 불가피하여 소음 저감 효과 극대화를 위한 경로 설정에는 어려움이 있을 수 있기 때문에 이를 해결할 수 있는 경로 설정 방안에 대한 연구가 필요하다.

4. 결 론

이 연구에서는 지방 소도시를 중심으로 활성화 중에 있는 DRT 방식의 대중교통 운영에 따라 예상되는 소음도 변화를 파악하기 위해 DRT 시나리오를 도출하고 소음 예측 시뮬레이션을 이용했다. 기존 연구^(8,9)와 현장 조사 결과를 종합하여 도출한 5개의 DRT 시나리오에 대해 소음 예측을 수행하였으며, 현재 버스 운행 방식에 따른 소음도와 비교했다. DRT 방식의 버스 운영은 일부 구간에 대하여 큰 소음 저감 효과가

있는 것을 확인했다. 주변이 산지로 막혀있어 양산대로와 경부고속도로의 소음 영향이 적고, 대형차 혼입률의 변화가 큰 지역에서는 예측 지점의 소음도가 최대 6.5 dB(A) 낮아졌다. 또한 해당 지역을 통과하지 않는 경로로 설정된 DRT 시나리오들의 소음 저감 효과가 큰 것으로 나타났으며 그 중 시나리오5는 3.0 dB(A) 이상 소음도가 낮아지는 영역이 0.446 km²로 가장 큰 것으로 나타났다. DRT 버스만의 소음 변화 효과를 파악하기 위해 경부고속도로를 제외하고 소음 예측을 수행한 결과에서도 예측 지점의 최대 소음 저감량은 7.2 dB(A), 3.0 dB(A) 이상 소음도가 낮아지는 영역은 0.959 km²로 계산되었다.

산지지형에 위치한 농어촌의 경우 주변 소음원의 영향이 거의 없고, 교통량이 적은 지역에서는 DRT 형식의 버스 운행만으로도 큰 소음 저감 효과가 발생할 수도 있다. 또한 일부 지역에 대해선 대기질 개선 효과를 기대할 수도 있다^(3,4,15). 다만 DRT 시나리오는 수요가 발생하는 시간과 위치에 따라 경로가 가변적이기 때문에 지속적인 소음 저감 효과를 기대하기 어려운 단점이 있다. 또한 이 연구는 한 지역의 사례를 시뮬레이션으로 평가하였기 때문에 DRT 버스 운영에 따른 소음 저감 효과가 과대평가 되었을 가능성이 있다. 이를 일반화시키기 위해서 해당 지역에서 운영 중인 6개의 도시형버스에 대해서도 현장 소음 평가와 시나리오별 예측이 수행될 예정이다. 또한 농어촌 지역의 낮은 인구 밀도를 반영하여 소음노출인구의 변화에 대한 평가를 수행할 예정이다. 이를 통해 농어촌 지역 대중교통의 변화에 따른 경제적, 시간적 이익 외에도 환경적 이익에 대한 평가를 위한 방법의 정립을 기대한다.

후 기

이 논문은 한국건설기술연구원의 연구비 지원 ‘(23주요-대3-임무(산업진흥))농어촌 지역 대상 지속가능한 MaaS 3.0+ 기술 개발’에 의해 수행되었습니다.

References

(1) Jeon, S., Chung, S. and Kim, S., 2012, A Study on Analysis of Operating Cost Properties to Demand Responsive Transport System in Rural Areas, Journal of

the Korean Society of Civil Engineers, Vol. 32, No. 6D, pp. 571~577.

(2) Roh, C., Kim, H., Moon, H., Kim, H. and Kim, J., et al., 2020, A Development Planning and Technology for Customized Targeting MaaS Model, KICT 2020-050.

(3) Dytckov, S., Persson, J. A., Lorig, F. and Davidsson, P., 2022, Potential Benefits of Demand Responsive Transport in Rural Areas: A Simulation Study in Lolland, Denmark, Sustainability, Vol. 14, No. 6, 3252.

(4) Coutinho, F. M., van Oort, N., Christoforou, Z., Alonso-González, M. J., Cats, O. and Hoogendoorn, S., 2020, Impacts of Replacing a Fixed Public Transport Line by a Demand Responsive Transport System: Case Study of a Rural Area in Amsterdam, Research in Transportation Economics, Vol. 83, 100910.

(5) Kang, K. K., Kim, J. W., Kim, K. M. and Park, Y. M., 2022, Assessment of the External Cost (Damage Cost) of Traffic Noise, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 32, No. 1, pp. 74~88.

(6) Korea Expressway Corporation, 2022, Expressway Traffic Statistics, Public Data Portal, Korea.

(7) Korea Agency for Technology and Standards, 2022, Electroacoustics - Sound Level Meters - Part 1: Specifications, KS C IEC61672-1.

(8) Roh, C.-G. and Park, J., 2022, 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-, Journal of the Korea Academia-industrial Cooperation Society, Vol. 23, No. 12, pp. 636~643.

(9) Roh, C.-G., Moon, B.-S., Kim, H., Park, B.-J. and Kim, Y., et al., 2021, Development of Sustainable MaaS (Mobility as a Service) 3.0+ Technology in Rural Areas, KICT 2021-092.

(10) Bundesministers für Verkehr, 1990, Guidelines for Noise Protection at Roads, RLS-90.

(11) Ministry of Environment, 2016, Drawing-up Method of Noise Maps, Ministry of Environment Public

Notice No. 2016-117.

(12) Ryu, H., Han, J., Park, T., Oh, S. and Chang, S., 2011, Parametric Study on Noise Prediction Models, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference pp. 498~499.

(13) Ryu, H., Park, T., Han, J., Oh, S. and Chang, S., 2011, Uncertainty Analysis of Road Traffic Noise Prediction Models, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference pp. 852~853.

(14) Kim, D. S., Kim, C. and Chang, T., 2013, On the Comparison of KHTN and Noise Prediction Model Using a Commercial Program - Focusing on the Rate of Large Vehicle-, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference pp. 575~576.

(15) Vlachokostas, C., Achillas, C., Michailidou, A. V. and Moussiopoulos, N., 2012, Measuring Combined Exposure to Environmental Pressures in Urban Areas: An Air Quality and Noise Pollution Assessment Approach, Environment International, Vol. 39, No. 1, pp. 8~18.



Jae Kwan Lee completed his Ph.D in Dept. of Environmental Engineering in University of Seoul, Republic of Korea. His major research interested has been environmental noise control and annoyance of noise. Recently, he interested in deep learning models for classification the noise source.



Jisu Yoo received her M.S. degree from Dept. of Energy and Environmental System Engineering in University of Seoul. She is currently a Ph.D. candidate in Environmental Engineering at University of Seoul. Her research interests are modeling and mapping of environmental noise impact. Especially, her recent research is focusing on Soundscape and Environmental noise impact on green spaces.