

교통수요 추정의 신뢰도 제고를 위한 시간대별 방향별 O/D 구축*

Establishing O/D Matrices by Time and by Direction to
Improve Demand Forecasting Reliability Through

박오성 Park Ohsung**, 손의영 Shon Eui-Young***, 유정복 Yu Jeong Bok****

Abstract

Inbound and outbound traffic volume in Seoul is quite different by time and by direction. The difference is so conspicuous in tolled Umyeonsan tunnel that the inbound traffic volume is higher than the outbound one during 16 hours in a day. Inbound car users are willing to pay toll fee to save travel time, while outbound car users are reluctant to pay toll fee because the need to save travel time is not big enough and other neighboring roads are not so congested. The traffic volume by direction in tolled roads depends not only upon trip purpose but also upon congestion in neighboring roads so that it is necessary to consider these road characteristics, when assigning O/D and forecasting traffic volume in roads. In reality, however, it is mostly to use peak and off-peak O/D, which is established from one-day O/D and its traffic volume proportion in those time periods. So the peak and off-peak O/D do not reflect the difference between produced and attracted trips in most zones in those time periods. This study suggests that the combined O/D, which reflects the difference between produced and attracted linked trips of each zone in most zones, should be used to forecast traffic volume by direction in Seoul. When the combined unlinked and linked O/D is established and used to forecast the traffic volume in Umyeonsan tunnel and neighboring roads, its forecasting reliability could be much improved.

Keywords: One-Day O/D, O/D Matrices by Time and by Direction, Demand Forecasting Reliability

I. 서론

서울시 도로의 교통량을 살펴보면 시간대별 지역별로 유입 교통량과 유출 교통량에 큰 차이가 발생한다. 주거지역이 대부분인 외곽지역에서는 출근 시 도심지

역으로의 유입 교통량이 더 많지만, 업무·상업지역이 대부분인 도심지역에서는 외곽지역으로의 유출 교통량이 더 많다. 2013년 도심지역을 기준으로 보면, 5~12시에는 도심지역으로의 유입 교통량이 더 많지만, 12시 이후에는 유출 교통량이 더 많은 것

* 본 논문은 2014년도 서울시립대학교 교내학술연구비에 의하여 지원되었음.

** 서울시립대학교 교통공학과 박사과정(제1저자) | Ph.D., Candidate, Dept. of Transportation Engineering, Univ. of Seoul | Primary Author | parkohsung@gmail.com

*** 서울시립대학교 교통공학과 교수(교신저자) | Prof., Dept. of Transportation Engineering, Univ. of Seoul | Corresponding Author | eyshon@uos.ac.kr

**** 한국교통연구원 연구위원 | Research Fellow, The Korea Transport Institute | yjb@koti.re.kr

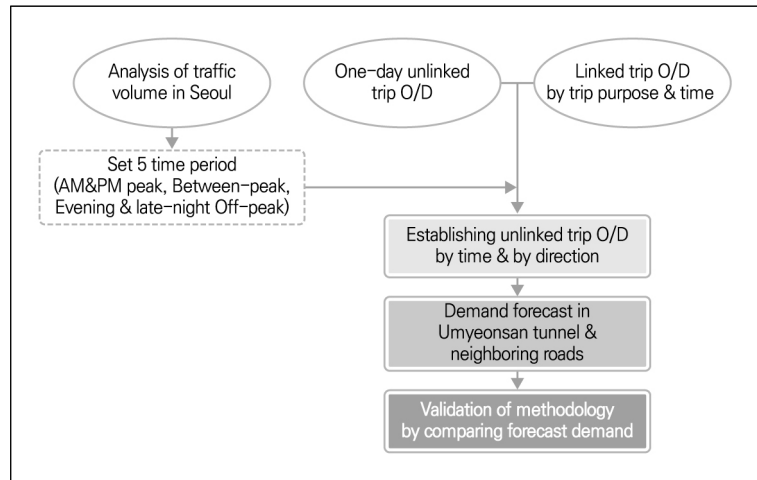
로 나타난다. 특히 유료도로인 우면산터널에서는 시간대별 방향별 교통량 차이가 더욱 크게 발생하는데, 24시간 중 16시간 동안은 서울시로의 유입 교통량이 외곽지역으로의 유출 교통량보다 많아, 전체적으로 평균 약 2배의 차이가 나타나고 있다. 이러한 교통량 차이는 통행목적이 상이하고 또한 주변의 무료도로인 경부고속도로나 남태령로의 혼잡 상황이 방향별로 크게 차이가 나기 때문에 발생하는 것으로 보인다.

그러나 현재 대부분의 경우 시간대별 교통수요를 추정할 때에는 1일 수단 O/D에 시간대별 집중률을 적용하여 시간대별 수단 O/D를 구축하여 사용한다. 이 때 가장 큰 문제점은 방향별 통행량이 거의 동일하게 나타남으로써, 방향별 교통량이 시간대별로 상이한 현실을 제대로 반영하지 못하는 점이다. 이러한 문제점은 우면산터널과 같은 유료도로에서 더욱 두드러진다.

따라서 본 논문에서는 통행목적의 차이에 따른 방향별 통행량 특성을 고려한 시간대별 방향별 O/D를 구축하여 교통수요를 구축하는 방법론을 제시하고, 실제 사례지역에 적용하여 방향별 교통수요를 추정함으로써 그 적용 가능성을 검증하고자 한다.

이를 위한 세부 절차를 도식화하면 <Figure 1>과 같다. 먼저 사례지역의 교통량 특성을 바탕으로 분석 시간대를 설정한 후, 기존 1일 수단 O/D와 방향별 특성을 나타내는 시간대별 목적 O/D를 결합하여 5개 시간대를 대상으로 방향별 수단 O/D를 새롭게 구축한다. 구축된 5개 시간대별 방향별 수단 O/D를 토대로

Figure 1 _Flow of Study



방향별로 교통량 차이를 극명하게 나타내는 사례지역 (여기서는 우면산터널 및 주변 도로)을 분석하여, 교통수요 추정의 신뢰도가 기존 연구와 비교하여 얼마나 향상되는가를 검증한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 기존 연구에서 적용하고 있는 시간대별 O/D 구축방법을 고찰한다. 3장에서는 시간대별 방향별 O/D 구축방법을 제시하고 그 적용 결과를 분석한다. 4장에서는 구축된 시간대별 방향별 O/D를 바탕으로 통행배정을 실시하여 사례 교통축(우면산터널)의 교통수요 추정 결과를 기존 O/D의 통행배정 결과와 비교함으로써 본 논문에 시도한 O/D 구축방법의 타당성을 검증하도록 한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 제시한다.

II. 기존 문헌 고찰

Bowman(1995; 1998)은 기존의 교통수요 예측 모형이 시간대별 방향별 교통량 차이, 유료도로와 무료도로의 방향별 교통량 차이를 제대로 반영하지 못하므로 결과적으로 현재의 교통수요를 제대로 구현하지 못

하고 이로 인해 장래 교통수요 추정의 신뢰도 또한 낮아진다고 하였다. 이러한 문제를 해결하고자 이산 선택 모형체계를 이용하여 교통수요를 추정하고자 하였다. 1일 주요 시간대별 O/D표를 구축하되, 오전 및 오후 각각의 첨두시간대와 비첨두시간대로 구분하였다. 또한 업무 및 비업무 통행으로도 구분하고, 각각의 통행을 최초 통행과 2차 통행으로 구분하였다. 즉 시간대별 통행목적별로 개인의 1일 활동 통행 스케줄 모형을 구축하였다. 이러한 방법은 McNally(1998), Charypar and Nagel(2005), Davidson, Donnelly, Vovsh and Feedman et al.(2007) 등에 의해 지속적으로 연구되고 있다.

김익기(1997; 2006; 2016)는 현재 널리 사용하고 있는 1일 O/D와 시간대별 집중률을 이용하여 시간대별 O/D를 구축할 경우, 통행의 방향성을 제대로 묘사할 수 없음을 지적하였다. 특히 지역별로 첨두시간대의 시작 시간대가 상이함에도 불구하고 모든 지역에 동일한 첨두 집중률을 적용함으로써, 실제 통행 특성을 제대로 반영하지 못하여 결과적으로 교통수요 추정에 커다란 오차가 발생할 수 있다고 하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 통행 발생량(Production)/통행 도착량(Attraction), 즉 P/A 자료에서 O/D 자료로 전환할 때 적용하는 전환계수(λ_{ij}^p)를 통행목적별 시간대별로 구축하여야 한다고 주장하였다.

그러나 현실적으로 1일 활동 통행 스케줄 모형을 구축하는 데에는 많은 시간과 비용이 소요되며, 또한 출발지역별로 통행목적별 시간대별 λ_{ij}^p 를 구축하는 것도 실제로는 적용되지 않고 있다. 이에 본 논문에서는 기존에 구축되어 있는 1일 수단 O/D와 목적 O/D를 이용하여 시간대별 방향별 O/D를 구축하는 방법을 제시하고자 한다.

III. 통행 특성을 고려한 시간대별 방향별 O/D 구축방법 및 적용

1. 방법론

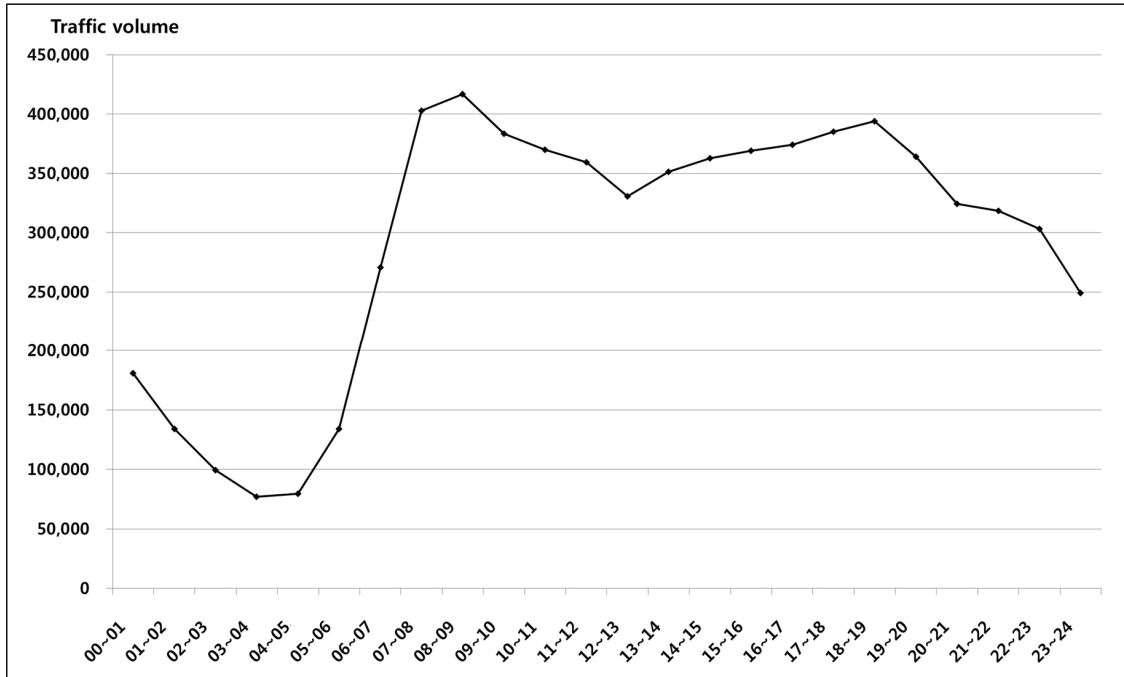
앞에서 언급한 시간대별 방향별 O/D를 구축하기 위하여 먼저 하루를 몇 개의 시간대로 구분하여야 한다. 서울시 도로의 평일 시간대별 교통량 집중률을 보면, <Figure 2>에 나타나는 바와 같이 오전 및 오후 첨두 시간은 물론 낮 시간대에도 교통량이 상당히 집중되며, 23시 이후에야 크게 감소하는 것을 알 수 있다.

이러한 서울시 도로의 시간대별 교통량 집중률을 고려하여, <Table 1>과 같이 5개의 시간대로 구분한다. 즉 오전 및 오후 첨두시간대 이외에 비첨두시간을 낮 시간대와 저녁 시간대, 심야 시간대로 구분한다.

둘째, 본 논문의 주된 목적을 효율적으로 달성하기 위하여 기존 수단 및 목적통행을 주요 수단 및 목적별로 재분류한다. 수도권 자료는 이용 교통수단으로 철도를 포함하여 18개로 세분화되어 있으나, 도로상 교통량을 추정하는 것이 본 논문의 가장 큰 목적이므로 승용차, 버스, 택시, 화물차의 4개 수단으로 통합하여 재분류한다. 통행목적 또한 10개로 세분화되어 있으나 분석의 주목적을 저해하지 않는 선에서 주요 목적 통행을 바탕으로 통합할 필요가 있다. 본 논문에서는 출근, 등교, 귀가, 쇼핑이 전체 통행량의 대부분을 차지하므로 나머지는 모두 기타로 통합하여 5개의 통행 목적으로 재분류한다.

앞에서 논의한 5개 시간대별, 4개 교통수단 및 5개 통행목적별로 각 존에서의 발생 통행량과 도착 통행량 차이를 반영한 수단 O/D를 새롭게 구축한다. 각 존에 대한 시간대별 방향별 수단 O/D(T_{ij}^{ms})의 구축 과정을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

Figure 2_Traffic Volume by Time in Seoul



Source: Seoul Metropolitan Government and Seoul Metropolitan Police Agency 2012.

Table 1_Traffic Volume by Time of Day

Category	Time Periods	Hourly Rate	Duration
AM Peak	6~10	6.61%	4
Between Off-Peak	10~18	6.05%	8
PM Peak	18~21	6.32%	3
Evening Off-Peak	21~2	4.39%	5
Late Night Off-Peak	2~6	-	4

Source: Kim, Ryu and Hwang 2012.

중 시간대(s) 각각의 통행량 비율

m: 교통수단(1: 승용차, 2: 버스 ...)

o: 통행목적(1: 출근, 2: 등교 ...)

s: 시간대(1: 6~10시, 2: 10~18시 ...)

2. 방법론의 적용을 통한 시간대별 방향별 O/D 구축

앞서 제시한 시간대별 방향별 O/D 구축방법에서는 1일 목적 O/D의 시간대별 집중률의 산정이 중요함을 알 수 있다. 본 절에서는 시간대별 집중률 산정 및 그 특성을 분석하고 이를 적용하여 구축한 시간대별 방향별 O/D의 특징을 파악한다.

1일 목적통행의 시간대별 집중률 및 각 시간대별 통행목적별 집중률을 살펴보면, <Table 2>와 같다. 1일 중 집중률의 경우 출근통행은 72.9%가 오전 첨두 시간대에 발생하는 것으로 나타났다. 등교통행은 출

$$T_{ij}^{ms} = \sum_{o=1}^5 (T_{ij}^{om} \times R_{ij}^{oms})$$

여기서,

T_{ij}^{ms} : i에서 j로 시간대(s)별 모든 목적의 수단별(m) 총 통행량

T_{ij}^{om} : i에서 j로 목적별(o) 수단별(m) 1일 통행량

R_{ij}^{oms} : i에서 j로 목적별(o) 수단별(m) 1일 통행량

Table 2_ Linked Trips by Trip Purpose and by Time of Day
(unit: thousand trip, %)

Category		Am Peak (06~10)	Between Off-Peak (10~18)	Pm Peak (18~21)	Evening Off-Peak (21~02)
Commuting	Trips	7,693	2,554	159	43
	Rate/Day	72.9	24.2	1.5	0.4
	Rate/Time	57.1	10.4	1.2	1.3
School	Trips	3,928	665	51	15
	Rate/Day	84.2	14.3	1.1	0.3
	Rate/Time	29.2	2.7	0.4	0.4
Shopping	Trips	65	1,693	282	33
	Rate/Day	3.1	81.3	13.5	1.6
	Rate/Time	0.5	6.9	2.1	1.0
Returning Home	Trips	359	9,216	10,903	2,975
	Rate/Day	1.5	38.8	45.9	12.5
	Rate/Time	2.7	37.4	81.2	89.2
Others	Trips	1,427	10,538	2,030	268
	Rate/Day	9.9	73.4	14.1	1.9
	Rate/Time	10.6	42.7	15.1	8.0
Total	Trips	13,472	24,666	13,425	3,334
	Rate/Day	24.3	44.5	24.2	6.0
	Rate/Time	100.0	100.0	100.0	100.0
Trips/hour		3,368	3,083	4,475	667

Source: Kim, Ryu and Hwang 2012.

근통행보다 더욱 집중되어 동일한 시간대에 84.2%가 발생하였다. 출근 및 등교통행과 반대 방향인 귀가통행은 1일 통행의 45.9%가 오후 침두시간대에 발생하며, 낮 비침두시간대에도 38.8%가 발생하였다.

한편 쇼핑통행은 1일 통행의 81.3%가 낮 비침두시간에 균등하게 발생하며, 기타 통행 또한 낮 비침두시간대에 73.4%가 균등하게 발생하고 있다.

시간대별로 목적통행별 집중률을 살펴보면, 오전 침두시간대에는 총 통행량 중 출근 및 등교통행이 각각 57.1% 및 29.2%를 차지하고 있다. 낮 비침두시간대에는 총 통행량의 80.1%를 기타 및 귀가통행이 차지하고 있다. 오후 침두시간대에는 귀가통행이 총 통

행량의 81.2%를 차지하고 있다.

위에서 논의한 방법에 따라 방향별 특성이 나타나는 시간대별 방향별 수단 O/D를 구축하였다. 앞에서 언급한 목적 O/D와 여기에서 도출한 수단 O/D의 가장 큰 차이점은 하나의 목적통행이 하나 이상의 수단 통행으로 전환된다는 점이다. 따라서 앞의 목적통행량보다 수단 통행량의 절대적인 크기가 크다는 것이 외에는 별다른 차이가 없다.

본 논문에서 가장 중요한 사항은 시간대별 방향별로 제대로 구축된 O/D가 도로에 통행 배정되면, 방향별로 도로 교통량이 상이하게 추정될 수 있는가라는 점이다. 그러므로 통행 배정을 수행하기 이전에, 특정 지역에 대한 시간대별 방향별 O/D를 살펴보고자 한다. 먼저 O/D의 방향성은 출근 및 등교통행이 대부분을 차지하는 오전 침두시간대와 귀가통행이 대부분을 차지하는 오후 침두시간대로 한정하여 살펴본다. 그리고 특정 지역으로는 대표적인 주거지역으로 볼 수 있는 노원구와 강서구, 그리고 업무·상업지역인 강남구의 수단 O/D를 분석한다.

<Table 3>에 나타나는 바와 같이 오전 침두시간대에는 노원구를 출발하여 강남구에 도착하는 수단 통행량이 1시간당 4,002통행인 반면, 반대 방향 통행은 559통행으로 14%에 불과하다. 또한 노원구를 출발하여 강서구에 도착하는 수단 통행량은 13통행, 반대 방향은 3통행에 그치고 있다. 이처럼 오전 침두시간대에 업무지역으로의 유입 통행량이 유출 통행량보다 많은 사실은 강서구와 강남구 간의 통행량에서도 마찬가지로 나타난다. 강서구를 출발하여 강남구에 도착하는 수단 통행량은 2,192통행인 반면에, 반대 방향 통행량은 17%에 불과한 370통행에 그친다.

Table 3 _Unlinked Directional Trip O/D by Time of Day in Selected Districts of Seoul

(unit: trip/hour)

Category	D \ O	Nowon District	Gangseo District	Gangnam District
AM Peak	Nowon	-	13	4,002
	Gangseo	3	-	2,192
	Gangnam	559	370	-
PM Peak	Nowon	-	3	604
	Gangseo	15	-	274
	Gangnam	4,203	1,761	-

오후 첨두시간대에는 오전 첨두시간대와 정반대의 방향성이 나타난다. 강남구를 출발하여 노원구에 도착하는 1시간당 수단 통행량은 4,203통행인 반면에, 반대 방향 통행량은 14%에 불과하다. 이는 강남구 출발, 강서구 도착 통행량의 경우에도 마찬가지이다.

대표적인 지역으로 노원구, 강서구, 강남구를 선정

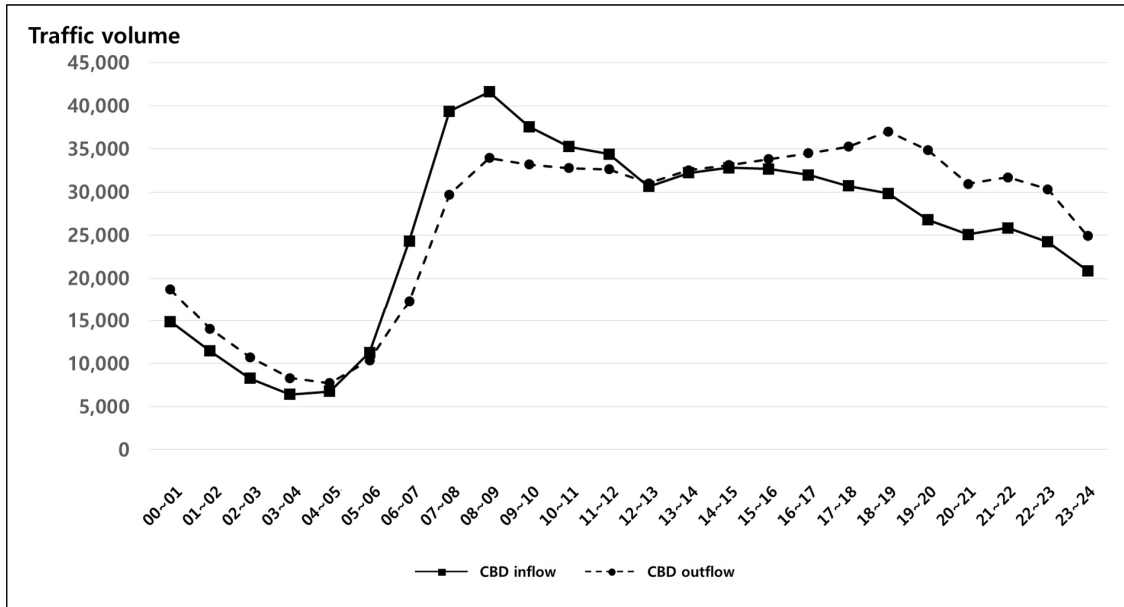
하여 살펴보았지만, 다른 모든 지역에서도 유사한 방향별 특성이 나타나고 있다. 따라서 본 논문에서 구축한 시간대별 방향별 수단 O/D를 적용하면, 방향별로 추정된 도로 교통량이 실제 방향별 교통량과 매우 유사하게 나타남을 알 수 있다.

IV. 통행배정을 통한 시간대별 방향별 O/D의 신뢰성 검증

1. 사례지역 선정

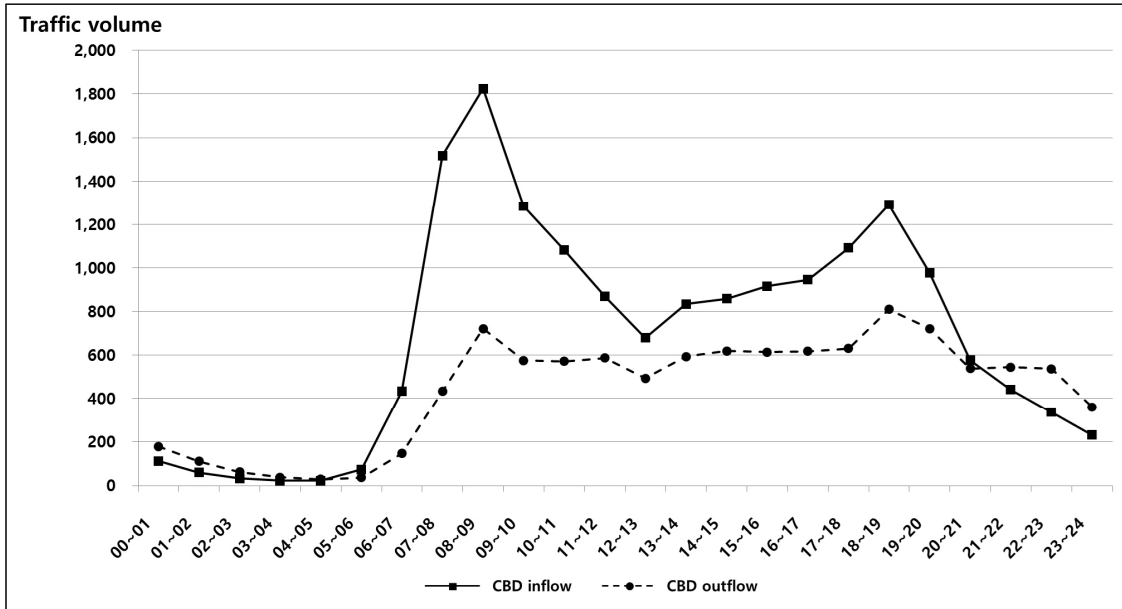
본 논문의 주요 목적은 시간대별 방향별로 구축된 O/D를 통행배정한 후, 그 결과로 추정된 방향별 도로 교통량이 실제로 관측된 방향별 교통량과 유사한지를 검증하여 교통수요 추정의 신뢰도를 높이는 것이다. 따라서 사례연구지역을 선정할 때 시간대별 방향별 O/D를 적용하여 교통수요 예측의 향상을 뚜렷이 파

Figure 3 _Traffic Volume by Time in Seoul CBD



Source: Seoul Metropolitan Government and Seoul Metropolitan Police Agency 2012.

Figure 4 _ Traffic Volume of Umyeonsan Tunnel by Time in 2011



Source: Seoul Metropolitan Government and Seoul Metropolitan Police Agency 2012.

악할 수 있는 지역과 교통축을 선정할 필요가 있다. 본 논문에서는 사례지역으로 서울시를 선정하였다. 서울시는 분석자료의 구득과 검증이 용이할 뿐만 아니라, 지역 전체적으로 시간대별 방향별 교통량 차이가 큰 것으로 나타나기 때문이다. 2011년 서울 시내 주요 도로 84개 지점에서 조사한 도심지역 유출입 교통량을 살펴보면, <Figure 3>과 같이 5~12시에는 도심 내 지역으로의 유입 교통량이 많지만 12시 이후에는 유출 교통량이 많은 것으로 파악되었다.

이와 같이 서울시의 거의 모든 도로에서 첨두시간대와 비첨두시간대에 방향별 교통량이 상이한 것을 알 수 있으며, 동일한 시간대에서도 지역별로 방향별 교통량이 매우 상이함을 알 수 있다.

지역 전체적으로 시간대별 방향별 교통량 편중이 심한 서울 시내 도로 중 본 논문에서는 우면산터널 및 주변 도로를 검증 대상 교통축으로 선정하였다. 우면산터널은 서울시 서초구 반포 지역과 과천시를 연

결하는 도로로서, 과천시와 안양시, 의왕시에서 서초구나 강남구로 진입하기 위해서 이용하는데, 도심 방향 유입 교통량이 외곽 방향 유출 교통량보다 매우 큰 특징을 보인다.

<Figure 4>와 같이 우면산터널을 통과하는 통행 특성을 살펴보면 5~21시까지 모든 시간대에서 도심 방향 유입 교통량이 외곽 방향 유출 교통량보다 약 2배 이상 많은 것으로 나타난다. 특히 7~10시의 경우, 도심 유입 교통량은 시간당 1,400~1,700대로서 외곽 유출 교통량 500~700대의 약 3배에 달하는 것으로 나타났다. 따라서 위 사례지역에 본 논문에서 의도한 시간대별 방향별 O/D와 기존 연구에서 구축한 시간대별 O/D를 적용할 경우, 그 차이를 용이하게 검증할 수 있을 것으로 판단하였다. 검증을 위한 우면산터널 및 주변 도로의 교통량 관측 지점(7지점)은 <Figure 5>와 같다.

O/D를 도로에 통행배정하는 방법으로는 이용자

Figure 5_Traffic Volume Validation Sites in Umyeonsan Tunnel and Neighboring Roads



Note: ① Umyeonsan Tunnel, ② Namtaeryoungro, ③ Dongjakdaero Seoul Section, ④ Yangjaedaero, ⑤ Nambusunhwanro Ring Road, ⑥ Gyeongbu Expressway, ⑦ Banpodaegyo Bridge and Jamsudaegyo Bridge

최적(User Equilibrium)에 기반하여 가장 일반적으로 사용되는 통행방법을 두 가지 형태의 O/D(기존 첨두율을 고려한 O/D, 본 논문에서 구축한 O/D)에 동일하게 적용하였다. 동일한 통행방법을 적용하여야만 서로 다른 두 가지 형태의 O/D를 사용할 때 나타나는 결과의 차이가 보다 유의미하기 때문이다. 구축된 O/D가 4개의 수단을 포함하고 있으므로 EMME/3 내의 Multi-Class Traffic Assignment Module을 사용하여 통행배정을 수행하였다. 기존 O/D는 1일 O/D를 집중률을 이용하여 첨두와 비첨두시간대로 구분한 O/D를 구축하여 적용하였으며, 본 논문에서는 앞 절에서 기술한 바와 같이 1일 O/D를 시간대별 목적통행 O/D를 이용하여 방향별 특성이 구현된 시간대별 방향별 O/D를 구축하여 적용하였다.

2. 기존 연구와의 추정 결과 비교 분석

기존 연구 및 본 논문에서 구축한 O/D를 토대로 우면산터널 및 주변 도로에 통행배정한 1일 기준 교통량 추정 결과는 <Table 4>와 같다.

일반적으로 비교의 기준이 되는 1일 양방향 교통량 결과만을 보면, 1번 우면산터널의 관측 교통량은 1일 2만 8,400대이나, 기존 연구 결과에서는 2만 4,200대, 본 논문 결과는 2만 7,200대로 나타나 본 논문 결과의 오차율이 다소 낮음을 알 수 있다. 방향별 교통량을 비교하면 이러한 차이가 더욱 심화되는데, 외곽

방향의 경우 관측 교통량은 1일 1만 1,200대인데 비하여 기존 연구 결과는 9,300대, 본 논문 결과는 1만 1천 대로 나타나고 있다. 도심 방향의 경우도 마찬가지로 본 논문에서의 결과가 보다 정확하다.

주변 도로 중 우면산터널과 직접적인 경쟁 관계에 있는 2번 남태령로와 6번 경부고속도로의 관측 교통량을 비교해 보면, 기존 연구에 의해 추정된 방향별 교통량 차이는 본 논문에서 추정된 교통량 차이보다 매우 크다는 것을 알 수 있다. 직접적인 경쟁 도로의 교통량 변화는 간접적으로 영향을 받는 3번 동작대로, 4번 양재대로, 5번 남부순환로, 7번 반포대교와 잠수교의 교통량에도 변화를 미친다. 따라서 이들 간접 영향을 받는 도로의 교통량도 기존 연구에 의한 추정 교통량보다 본 논문에서 제시한 추정 교통량이 보다

Table 4_ Comparison of Surveyed and Assigned Traffic Volumes(one day)

(unit: 1,000 vehicles/day, %)

CBD Inbound					
Road No.	Surveyed Traffic	Existing Studies		This Study	
		Forecast Traffic	Diff. Rate	Forecast Traffic	Diff. Rate
1	17.1	14.9	-13.0	16.2	-5.4
2	53.7	45.4	-15.6	58.3	8.6
3	51.6	45.2	-12.4	50.8	-1.7
4	55.7	29.8	-46.4	56.7	1.9
5	53.0	41.6	-21.5	45.9	-13.4
6	78.0	113.6	45.7	79.5	1.9
7	59.3	50.6	-14.5	67.5	13.9
Difference Rate		-11.1		0.8	
R ²		0.831		0.972	
CBD Outbound					
Road No.	Surveyed Traffic	Existing Studies		This Study	
		Forecast Traffic	Diff. Rate	Forecast Traffic	Diff. Rate
1	11.2	9.3	-17.4	11.0	-2.3
2	40.1	42.6	6.3	43.9	9.5
3	47.6	46.1	-3.1	47.6	0
4	57.5	48.0	-16.5	63.8	11.0
5	50.6	43.9	-13.3	49.6	-2.0
6	91.5	105.8	15.6	101.6	11.0
7	53.6	45.0	-16.0	58.7	9.6
Difference Rate		-6.3		5.3	
R ²		0.967		0.995	
Both Direction					
Road No.	Surveyed Traffic	Existing Studies		This Study	
		Forecast Traffic	Diff. Rate	Forecast Traffic	Diff. Rate
1	28.4	24.2	-14.7	27.2	-4.2
2	93.8	88.0	-6.2	102.2	9.0
3	99.2	91.3	-7.9	98.3	-0.8
4	113.2	77.9	-31.2	120.5	6.5
5	103.7	85.5	-17.5	95.6	-7.8
6	169.5	219.4	29.4	181.0	6.8
7	112.4	95.6	-14.9	126.2	11.9
Difference Rate		-9.0		3.1	
R ²		0.919		0.989	

적합하다고 말할 수 있다.

7개 모든 도로의 관측 교통량과 추정 교통량 결과도 마찬가지로, 기존 연구와 본 논문 관측 교통량의 평균 오차율은 양방향의 경우 각각 9.0%와 3.1%이다. 방향별로 세분하면, 도심 방향은 각각 11.1%와 0.8%, 외곽 방향은 각각 6.3%와 5.3%로 나타나고 있다. 이는 상관계수(R²)의 경우에도 마찬가지로 나타난다.

결론적으로 기존 연구에 의해 구축된 시간대별 O/D를 적용하는 것보다 본 논문에서 구축한 시간대별 방향별 O/D를 적용함으로써 교통수요 추정의 신뢰도가 크게 향상됨을 알 수 있다.

지금까지 1일 교통량을 기준으로 기존 연구와 본 논문의 교통수요 추정 결과를 비교, 분석하였다. 그러나 우면산터널의 경우 방향별 교통량 차이는 1일 중에서도 특히 첨두시간대에 크게 발생하고 있다. 따라서 1일 교통량 이외에 첨두시간대에 대해서도 기존 연구와 본 논문의 교통량 추정 결과를 비교, 분석하도록 한다. 다만 여기에서는 <Table 5>에 나타나는 바와 같이 오전 첨두시간대에 한정하여 비교 결과를 기술하였다.

기존 연구에 따르면 우면산터널의 경우 오전 첨두 시간대 7~9시 양방향 1시간 관측 교통량은 1,778대 이나, 추정 교통량은 2,236대로, 오차율이 26%에 달한다. 반면 본 논문에서 살펴본 바에 의하면 오전 첨두 시간대 6~10시 양방향 1시간 관측 교통량은 2,091대 이나, 추정 교통량은 2,075대로, 오차율이 1%에 그치고 있다. 양방향 교통량보다도 방향별 교통량 차이가 큰데, 특히 외곽 방향의 차이가 매우 커서 기존 연구의 오차율은 74%에 달하지만 본 논문에서는 10%에 그치고 있다.

주변 도로의 경우에도 우면산터널과 유사한 경향이 나타나서, 7개 전체 도로의 외곽 방향 교통량을 살펴보면 기존 연구의 오차율은 평균 21%인 반면에, 본

Table 5 _ Comparison of Surveyed and Assigned Traffic Volumes(AM Peak)

(unit: vehicle/hour, %)

CBD Inbound						
Road No.	Existing Studies(7~9)			This Study(6~10)		
	Surveyed Traffic	Forecast Traffic	Diff. Rate	Surveyed Traffic	Forecast Traffic	Diff. Rate
1	1,261	1,339	6.2	1,494	1,540	3.1
2	2,581	2,231	-13.5	2,637	3,106	17.8
3	2,711	2,161	-20.3	2,863	2,836	-0.9
4	3,313	2,284	-31.1	3,633	4,175	14.9
5	3,046	2,532	-16.9	3,301	3,131	-5.1
6	4,107	5,835	42.1	3,633	4,175	14.9
7	3,354	2,510	-25.2	3,727	3,693	-0.9
Diff. Rate	-8.4			6.3		
R ²	0.785			0.944		
CBD Outbound						
Road No.	Existing Studies(7~9)			This Study(6~10)		
	Surveyed Traffic	Forecast Traffic	Diff. Rate	Surveyed Traffic	Forecast Traffic	Diff. Rate
1	517	897	73.5	597	535	-10.4
2	2,387	2,091	-12.4	2,603	2,316	-11
3	2,154	2,183	1.3	2,301	2,092	-9.1
4	2,570	3,021	17.5	2,791	3,291	17.9
5	1,836	2,994	63.1	2,583	2,193	-15.1
6	4,332	5,099	17.7	2,791	3,291	17.9
7	2,976	2,495	-16.2	3,399	3,109	-8.5
Diff. Rate	20.6			-2.6		
R ²	0.892			0.922		
Both Direction						
Road No.	Existing Studies(7~9)			This Study(6~10)		
	Surveyed Traffic	Forecast Traffic	Diff. Rate	Surveyed Traffic	Forecast Traffic	Diff. Rate
1	1,778	2,236	25.7	2,091	2,075	-0.8
2	4,968	4,322	-13	5,240	5,422	3.5
3	4,865	4,343	-10.7	5,164	4,927	-4.6
4	5,883	5,305	-9.8	6,424	7,466	16.2
5	4,882	5,526	13.2	5,884	5,324	-9.5
6	8,439	10,934	29.6	6,424	7,466	16.2
7	6,330	5,005	-20.9	7,126	6,803	-4.5
Diff. Rate	2.0			2.4		
R ²	0.894			0.942		

논문에서는 3%에 그치고 있음을 알 수 있다.

V. 결론

모든 존에서의 발생 통행량과 도착 통행량은 1일을 기준으로 삼는 경우에는 거의 동일하다. 그러나 특정 시간대를 기준으로 할 때에는 발생 통행량과 및 도착 통행량은 대부분의 존에서 매우 상이하다. 오전 첨두 시간대의 경우 주거지역에서는 출근통행으로 인하여 출발 통행량이 도착 통행량보다 훨씬 크며, 업무지역에서는 반대 현상이 나타난다. 오후 첨두시간대의 경우 주거지역에서는 귀가통행으로 인하여 도착 통행량이 출발 통행량보다 훨씬 크며, 업무지역에서는 반대 현상이 나타난다.

이와 같이 지역별 시간대별로 출발 및 도착 통행량이 상이하기 때문에 오전 첨두시간대에는 도심 방향 도로가 혼잡하고, 외곽 방향 도로는 상대적으로 혼잡하지 않다. 반면에 오후 첨두시간대에는 도심 방향 도로보다는 외곽 방향 도로가 더 혼잡하다.

유료도로 주변에 경쟁 관계의 무료도로가 여러 개 있는 경우에 유료도로의 교통량은 통행목적 및 무료도로의 방향별 교통 혼잡 정도에 커다란 영향을 받게 된다. 따라서 유료도로의 방향별 교통량은 무료도로보다 더욱 상이하게 나타난다. 대표적인 사례로 우면산터널을 들 수 있다.

따라서 유료도로의 교통량 추정을 위해서는 지역별로 시간대별 방향별 통행량 차이를 잘 반영한 O/D를 구축하여 교통수요 추정에 적용해야 한다. 그러나 지금까지 수행된 대부분의 연구에서는 1일 O/D에 시간대별 교통량 집중률을 곱하여 구축한 시간대별 O/D를 적용하고 있다. 즉 출발 통행량과 도착 통행량이 동일한 1일 O/D를 기반으로 하여 집중률을 곱함으로써 출발 통행량과 도착 통행량이 동일한 시간대별

O/D를 구축하고, 이를 교통수요 추정에 사용하였기 때문에 실제 방향별 도로 교통량과의 차이를 교통수요 추정 모형이 제대로 구현하지 못하고 있다. 특히 방향별 교통량 차이가 더욱 큰 유료도로의 경우에는 교통수요 추정의 신뢰도가 낮아진다.

그러므로 교통수요 추정의 신뢰도를 제고하기 위해서는 무엇보다 1일 O/D와 집중률을 고려하여 구축한 단순한 시간대별 O/D 대신에 지역별 방향별 특성을 반영한 시간대별 O/D를 구축하여야 한다. 이에 본 논문은 지역별 방향별 특성을 고려하기 위해서 기존에 구축된 조사자료를 기반으로 시간대별 방향별 O/D를 구축하였다. 기존의 시간대별 목적통행 O/D를 사용함으로써, 통행목적에 따라 존별, 즉 지역별로 출발 통행량과 도착 통행량의 차이를 반영하였기 때문에 결과적으로 방향별 특성을 고려한 O/D가 구축될 수 있었다. 즉 시간대별 방향별 O/D를 새롭게 구축한 것이다.

새롭게 구축한 시간대별 방향별 O/D를 통행배정하여, 방향별 교통량 차이가 가장 큰 우면산터널 및 주변 도로의 관측 교통량과 추정 교통량을 비교한 결과, 1일 및 첨두시간대 모두에서 양방향 및 각 방향별 차이가 기존 연구에 의한 방법보다 추정 신뢰도가 높음을 검증할 수 있었다. 결국 목적 O/D와 1일 수단 O/D, 시간대별 교통량 집중률을 결합하여 시간대별 방향별 O/D를 구축하면, 기존 방법보다 더 정확한 교통수요를 추정할 수 있다는 것이다.

다만 기존 방법보다 다소 복잡한 과정을 거쳐야만 시간대별 방향별 O/D를 구축할 수 있다는 것과, 사전에 지역별 방향별 시간대별 통행량 특성을 나타내는 목적 O/D가 구축되어 있어야 한다는 점은 본 논문의 한계이다.

참고문헌 •••••

1. 김익기. 1997. 교통수요분석에서 통행목적별 O-D 접근방법과 P-A 접근방법의 이론적 비교연구. 대한교통학회지 15권, 1호: 45-62.
Kim Ikki. 1997. Theoretical comparison of O-D trips and P-A trips in travel demand analysis. *Journal of Korean Society of Transportation* 15, no.1: 45-62.
2. _____. 2006. 교통수요분석을 위한 정산과 예측 절차에 대한 재고찰. 교통기술과 정책 3권, 1호: 87-106.
_____. 2006. A study on the settlement and estimate procedure for the analysis of traffic demand. *Transportation Technology and Policies* 3, no.1: 87-106.
3. _____. 2016. KTDB 기반 노선배정의 예측오차 원인 분석 결과 해석. 대한교통학회지 34권, 5호: 476-488.
_____. 2016. Practical interpretation and source of error in traffic assignment based on Korea transport database(KTDB). *Journal of Korean Society of Transportation* 34, no.5: 476-488.
4. 김재만, 류시균, 황준문. 2012. 여객 기종점통행량(O/D) 전수화 및 장래수요예측 공동조사. 수원: 경기개발연구원.
Kim Chaeman, Ryu Sigyun and Hwang Junmun. 2012. *Joint Survey of Passenger O-D Traffic Volume and Prospective Demand Forecast*. Suwon: Gyeonggi Research Institute.
5. 서울특별시, 서울지방경찰청. 2012. 2011 서울특별시 교통량 조사자료. 서울: 서울특별시.
Seoul Metropolitan Government and Seoul Metropolitan Police Agency. 2012. *2011 Traffic Counting Data in Seoul Metropolitan Area*. Seoul: Seoul Metropolitan Government.
6. Bowman, J. L. 1995. *Activity Based Travel Demand Model System with Daily Activity Schedules*. M.S. diss., Massachusetts Institute of Technology.
7. _____. 1998. *The Day Activity Schedule Approach to Travel Demand Analysis*. Ph.D. diss., Massachusetts Institute of Technology.
8. Charypar, D. and Nagel, K. 2005. Generating complete all-day activity plans with genetic algorithms. *Transportation* 32, no.4: 369-397.
9. Davidson, W., Donnelly, R., Vovsha, P., Freedman, J. Ruegg, S., Hicks, J. and Castiglione, J., et al. 2007. Synthesis of first practices and operational research approaches in activity-based travel demand modeling. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 41, no.5: 464-488.

- 논문 접수일: 2017. 3. 29.
- 심사 시작일: 2017. 5. 11.
- 심사 완료일: 2017. 5. 22.

요약

주제어: 1일 및 시간대별 O/D, 목적 O/D, 시간대별 방향별 수단 O/D, 교통수요 추정 신뢰도

서울시 교통량은 시간대별로 지역별로 유입 교통량과 유출 교통량의 차이가 크게 발생한다. 이러한 방향별 교통량 차이는 우면산터널에서 더욱 크게 나타나는데, 1일 중 16시간 동안 서울시로의 유입 교통량이 외곽지역으로의 유출교통량보다 많다. 서울시로 유입할 때에는 통행요금을 지불하더라도 통행시간이 최소가 되는 우면산터널을 이용하지만, 외곽지역으로 유출할 때에는 통행목적상 통행시간 최소화의 필요성이 적고 또한 주변 무료도로가 크게 혼잡하지 않아, 대부분 주변 무료도로를 이용하기 때문이다. 따라서 통행목적에 따라 또한 경쟁이 되는 주변 무료도로의 혼잡 상황에 따라 유료도로의 방향별 교통량은 크게 차이가 발생하므로, 이러한 통행특성을 고려하여 유료도로의 교통수요를 추정하는 것이 필요하다.

그러나 현재는 1일 수단 O/D에 집중률을 이용하여 방향별 통행량이 거의 동일한 시간대별 수단 O/D를 구축하여 교통수요를 추정하고 있다. 그 결과 경쟁이 되는 무료도로가 있는 유료도로의 교통수요가 시간대별 방향별로 제대로 추정되지 않고 있다. 따라서 본 논문에서는 지역별 시간대별 방향별 특성을 나타내는 목적 O/D와 1일 수단 O/D를 결합하여, 지역별 시간대별 방향별 통행특성을 묘사할 수 있는 시간대별 방향별 수단 O/D를 구축하였다. 이와 같이 구축된 시간대별 방향별 수단 O/D를 이용하여 우면산터널 교통수요를 추정하여 실제 교통량과 비교한 결과, 기존의 1일 O/D와 집중률을 이용한 시간대별 O/D에 의한 방법에 비하여 시간대별 방향별 교통수요 추정에 관한 신뢰도를 향상할 수 있었다.