

2023년도 연구보고서

미시 교통시물레이션 기반 교통량 추정  
알고리즘 개발 및 검증 보고서

2023. 11.

한국과학기술원



## 제 1 장 연구 개요

### 1.1. 연구 목적

- 교통량 추정은 여행자가 출발지에서 목적지로 이동할 때, 이용하게 될 경로나 수단을 예상하는 데에 그 목적이 있음
- 본 과업에서는 교통량 배정 알고리즘 개발을 통하여 미시 시뮬레이션 및 향후 연구에서 쓰일 차량의 이동 경로 데이터를 얻고자 함
- 최종적으로 개발된 알고리즘의 적합도는 시뮬레이션에서 추정된 교통량의 값과 실제 교통량의 값을 비교 분석하여 평가하고자 함

### 1.2. 연구 목표

- 해당연도 실측값 10% 이내에서 교통량 추정을 할 수 있는 교통량 배정 알고리즘의 개발

## 제 2 장 교통량 추정 방법론 및 검증방안 설계

### 2.1. 교통량 추정 방법론

#### 2.1.1. 교통량 배정의 주요 고려 요소

- 비용함수
  - 비용함수(비효용 함수)는 여행자가 이동하면서 발생하는 유형, 무형의 비용을 망라하여 동일한 단위로 표시한 함수로써, 여행자는 총 비용을 최소화 하는 방향으로 수단과 경로를 선택
  - 비용함수에는, 이동시간, 거리, 통행료, 유류비 등이 고려
  - 본 연구에서는 『도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침』에 이용된 값을 기초로 함
- 이용자 평형과 시스템 최적화
  - 이용자 평형과 시스템 최적화는 서로 다른 개념
  - 이용자 평형은 이용자 개개인이 어떠한 경로를 택하여도, 현재의 선택한 경로에 비해 비용 상에서 이득을 볼 수 없는 상태를 뜻함
  - 시스템 최적화는 모든 이용자들의 이익이 최대가 되는 상태를 의미
  - 시스템 최적화는 경우에 따라서 이용자 평형에 비하여 이득을 보는 이용자도 있으나, 손해를 보는 이용자 역시 발생 가능
- 워드롭 원리(Wardrop' s Principle)
  - 워드롭 원리는, 모든 여행자들이 본인의 비용을 최소화하는 상태로 평형을 이룬다는 가정 하에 성립된, 교통량 배정의 핵심 요소로써 다음 두가지 원리가 존재
    1. 임의의 OD 간에서 여행자들이 이용하는 모든 경로의 소요시간(비용)은 동일하여야 한다. 이용하지 않는 경로의 비용은 이용하는 경로보다 소요시간(비용)이 비싸야한다
    2. 평균 소요시간은 최소여야 한다

## 2.1.2. 교통량 배정 알고리즘의 주요 요소

### ○ Beckmann's transformation

- 위드롭 원리 중 첫 번째 부분을 수학적으로 표현한 형태로 다음과 같다.

$$\min z(x) = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(w) dw$$

제약조건

$$\sum_k f_k^{rs} = q_{rs} \quad \forall r, s \quad (a)$$

$$f_k^{rs} \geq 0 \quad \forall k, r, s \quad (b)$$

$$x_a = \sum_r \sum_s \sum_k f_k^{rs} \delta_{a,k}^{rs} \quad \forall a \quad (c)$$

$r, s$  : 기종점

$k$  : 기종점을 잇는 경로의 번호

$f_k^{rs}$  :  $r$ - $s$ 를 잇는  $k$ 번째 경로를 이용하는 수요

$q_{rs}$  : 기종점 간의 총 수요

$a$  : 링크 번호

$x_a$  : 링크  $a$ 의 교통량

$\delta_{a,k}^{rs}$  :  $r$ - $s$ 를 잇는  $k$ 번째 경로가 링크  $a$ 를

이용하는지에 대해 판별하는 변수,

이용할 경우 1, 아닐 경우 0

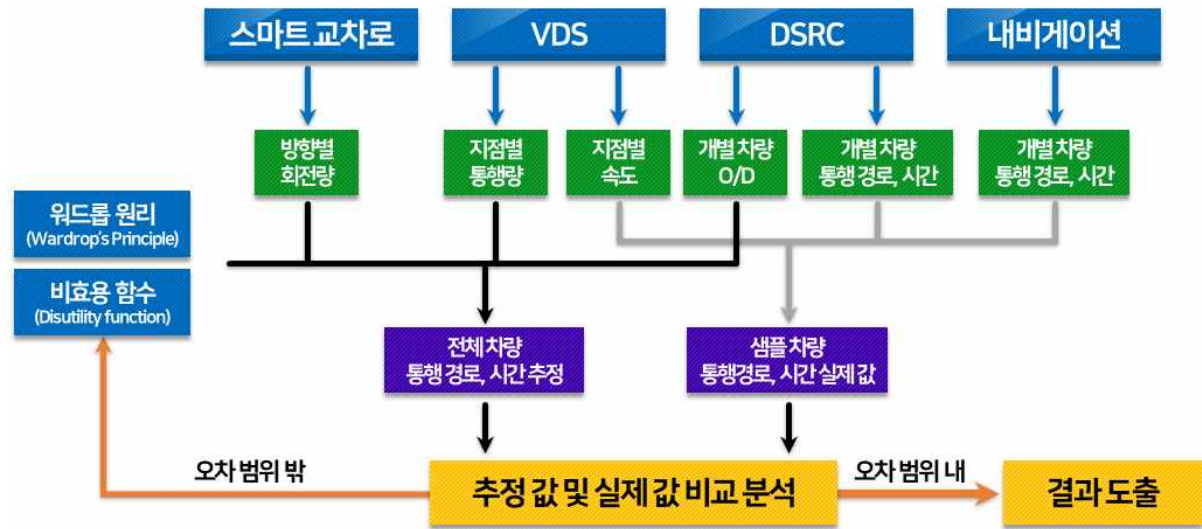
$t_a(x_a)$  :  $x_a$ 에 따른 링크  $a$ 의 통행시간

- 식(a)는  $r, s$ 간을 이동하는 모든 경로의 수요의 합은,  $r, s$ 간의 OD 총 수요와 같음을 의미
- 식(b)는 경로를 이용하는 차량 수가 음수가 될 수 없음을 의미
- 식(c)는 링크 교통량은 해당 링크를 이용하는 모든 경로들의 수요의 합과 같음을 의미

### ○ Frank-Wolfe algorithm

- Frank-Wolfe algorithm은 convex combination algorithm이라고도 하며 Marguerite Frank와 Philip Wolfe가 1956년에 개발한 알고리즘
- Frank-Wolfe algorithm은 다음과 같은 과정을 반복하여 최적해를 추정함
  1. 제약조건을 만족하는 임의의 해  $X^n$ 에서 목적함수  $z$ 를 최대한 drop을 시킬 수 있는  $Y^n$ 을 찾는다. ( $n$ 은  $n$ 번째 반복에서 얻어진 해를 의미한다.)
  2.  $z[Y^n + a(Y^n - X^n)]$ 을 최소화 시키는,  $[0, 1]$  사이에 존재하는  $a_n$ 을 찾는다.
  3. 다음 해  $X^{n+1} = X^n + a_n(Y^n - X^n)$ 를 구한다.
  4. 만약  $X^{n+1} - X^n$  값이 수렴 조건을 만족하면 알고리즘은 최종적으로 종료되며 그렇지 않으면 1의 step부터 다시 재반복한다.

## 2.2. 방법론 구축



<그림 1> 방법론 및 검증방안 모식도

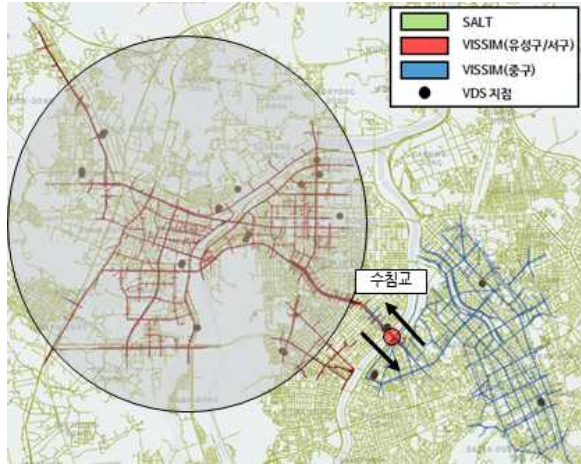
### 2.2.1. 데이터 수집 및 활용

- 현재 데이터는 총 4가지의 방식으로 수집이 가능함
  - 스마트 교차로, VDS 데이터는 특정 지점에서 총 통행량 정보 등을 알 수 있으나, 차량이 지나간 궤적을 파악하기는 어려움
  - DSRC 및 내비게이션 데이터는 개별차량이 지나간 경로 등의 정보는 수집 가능하나, 모든 차량에 대한 정보의 수집은 불가능함 (전수조사 불가)
- 데이터의 특성에 따라 스마트 교차로, VDS 데이터를 교통량 추정의 데이터로 활용하고, DSRC 및 내비게이션은 사후 검증용 데이터로 활용

### 2.2.2. 교통량 추정의 추정 및 실측값과의 비교

- 교통량 추정 이용 데이터
  - 도로별 이용률에 따른 소요시간 및 실제 통행 차량 등의 제약 조건 필요
  - VDS 데이터를 교통량 추정값의 데이터로 이용하여 통행 시간 및 구간별 교통량 추정

## 2.3. 시범지역 적용 대상 및 평가방안



<그림 2> SALT, VISSIM 네트워크 및 VDS 분석



<그림 3> VDS 분석 지점(상세)

패턴 시간	기준시간	시간대
07:30 ~ 09:00, 17:00 ~ 19:00	08:00 ~ 09:00	오전첨두
07:00 ~ 07:30, 10:00 ~ 15:30, 19:00 ~ 19:30	15:00 ~ 16:00	오후비첨두

<표 1> 교통 수요 추정 시간대

- 추정방법론 적용 대상지역 : 대전 유성구/서구 및 중구 VDS 26개소
- 검증방안 : 도안신도시 내 VDS 교통량 대비 10% 이내 추정
  - VDS 지점에서 추정된 통행량을 실제 통행량과 비교
- 검증시기 및 시각 : 2021년, 9월 2개 시간대(오전 첨두, 오후 비첨두)에 대한 교통량
  - 해당시기 검지기 오류 없이 지속적으로 데이터가 수집된 VDS 데이터만 이용하여 MAPE 값을 추출하는 방식으로 시행

### 제 3 장 검증 결과

- MAPE 전체 평균 4.1% ~ 6.4% 달성으로, MAPE 10% 이내를 만족함

표 1 VDS 지점별 교통 수요 추정 정확도

구역	지점 (VDS ID)	오전 첨두			오후 비첨두		
		실측치 (대/시)	추정치 (대/시)	MAPE(%)	실측치 (대/시)	추정치 (대/시)	MAPE(%)
중구 (7 개소)	VDS0032	678.8	677	0.3%	809.3	816	0.8%
	VDS0041	747.1	740	1.0%	666.1	602	9.6%
	VDS0042	762.9	771	-1.1%	740.8	749	1.1%
	VDS0075	866.9	773	10.8%	705.8	616	12.7%
	VDS0076	647.8	629	2.9%	723.3	735	1.6%
	VDS0084	1455.8	1188	18.4%	1150.9	1145	0.5%
	VDS0085	1384.5	1262	8.8%	1270.6	1242	2.3%
	<b>MAPE 평균</b>		<b>6.2%</b>			<b>4.1%</b>	
유성구 및 서구 (19 개소)	VDS0015	1613.8	1689	4.7%	1852.1	1911	3.2%
	VDS0016	2455.2	2077	15.4%	1736.2	1843	6.2%
	VDS0017	1331.8	1184	11.1%	580.7	597	2.8%
	VDS0019	2036.6	1980	2.8%	1558.3	1510	3.1%
	VDS0022	3177.1	2702	15.0%	3018.0	2552	15.4%
	VDS0023	2803.3	2668	4.8%	3196.8	3259	1.9%
	VDS0027	2022.0	1843	8.9%	2185.3	2246	2.8%
	VDS0034	2206.2	2084	5.5%	1899.3	1894	0.3%
	VDS0035	1973.2	1726	12.5%	1780.7	1850	3.9%
	VDS0059	2037.1	2158	5.9%	1798.0	1970	9.6%
	VDS0060	1839.3	1898	3.2%	1858.5	1803	3.0%
	VDS0097	1668.9	1672	0.2%	2023.6	1971	2.6%
	VDS0098	2238.6	2213	1.1%	2054.5	2089	1.7%
	VDS0099	1493.3	1387	7.1%	1185.9	1257	6.0%
	VDS0100	1560.3	1482	5.0%	1624.4	1591	2.1%
	VDS0103	939.4	972	3.5%	915.8	898	1.9%
	VDS0104	1017.7	1086	6.7%	1010.5	1067	5.6%
	VDS0107	535.4	533	0.4%	636.8	691	8.5%
	VDS0108	1400.6	1290	7.9%	1102.5	1115	1.1%
	<b>MAPE 평균</b>		<b>6.4%</b>			<b>4.3%</b>	