

Brief KOTI

Vol.42

국가교통 데이터베이스

Korea Transport Database

TREND

교통 빅데이터를 활용한 도로통행비용함수 개선

FOCUS

2020년 설연휴 특별교통통행실태조사

SPECIAL REPORT

GTFS 기반 대중교통 네트워크 구축



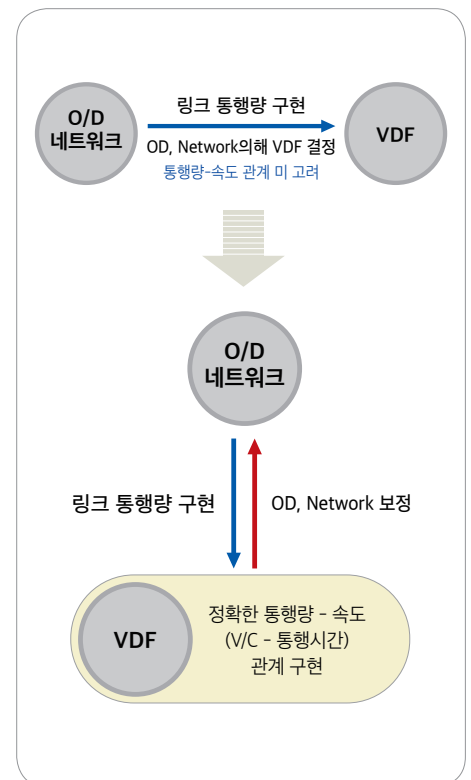
교통 빅데이터를 활용한 도로통행비용함수 개선

배경 및 목적

- 도로통행비용함수는 Volume-Delay Function, Link-Performance Function, Link-Cost Function 등으로 다양하게 언급됨
- 도로환경, 도로 및 차량성능, 통행특성이 변화함에 따라 합리적이고 최적화된 도로통행비용 설정이 필요함
- 최근 교통 빅데이터의 활용 가능성이 증대됨에 따라 이를 이용하여 도로환경 변화를 반영할 수 있는 도로통행비용함수 산정이 가능해짐
- 교통수요분석의 신뢰도 제고를 위하여 교통 빅데이터를 기반으로 KTDB 도로통행비용함수를 개선하고자 함

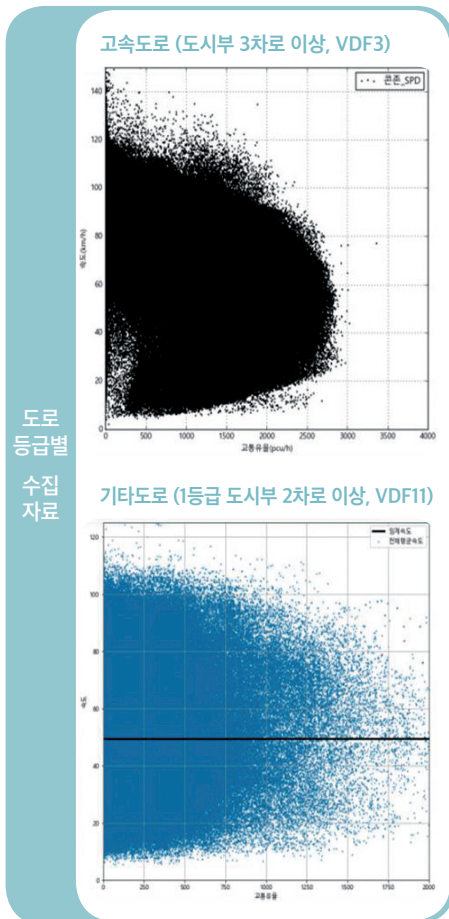
연구수행 방향

- 교통 빅데이터를 이용한 분석 표본자료를 확대하여 도로통행비용함수의 대표성을 확보
- 교통공학적 이론에 부합하고 교통류 이론에 따라 혼잡을 반영할 수 있는 파라미터를 선정



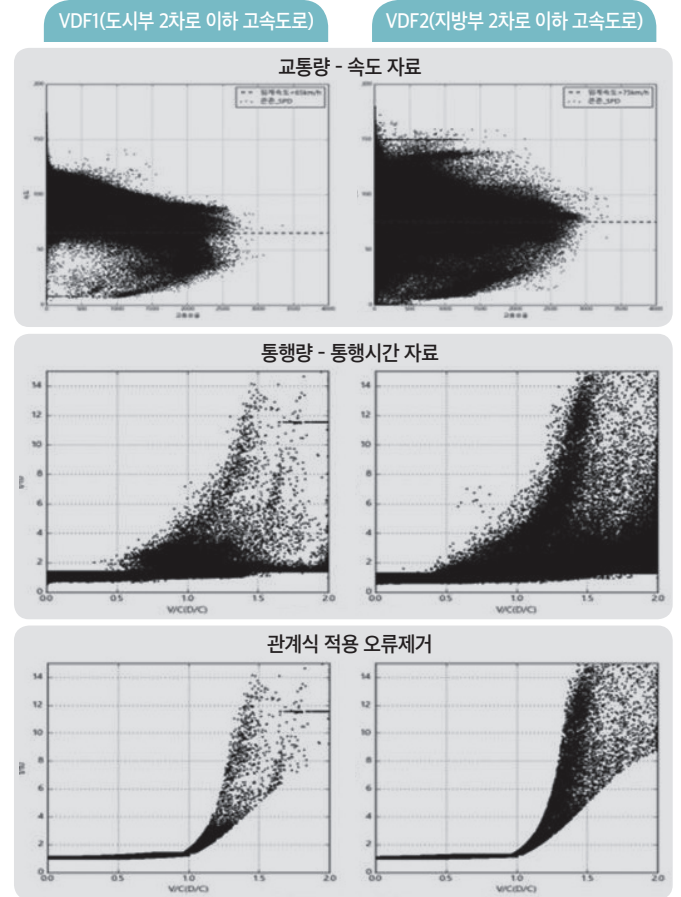
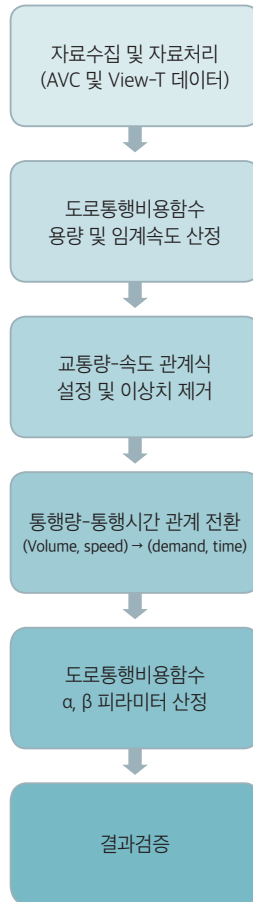
자료수집

- 고속도로 : 2017년 기준 전국 고속도로 AVC 데이터 12,511,911개
- 도시고속도로 및 다차로도로 : 2016년 기준 내비게이션 기반 View-T 데이터 16,587,534개



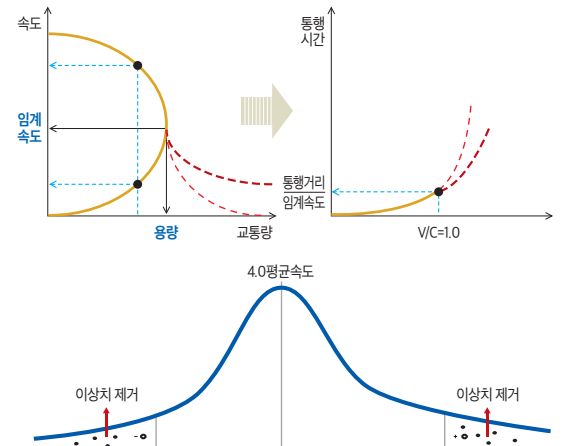
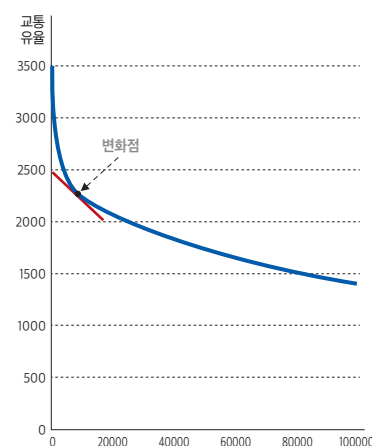
도로통행비용함수 분석 과정

- 자료수집 및 전처리 → 도로통행비용함수 용량 및 임계속도 산정 → 데이터 이상치 제거 → 통행량-통행시간 관계 전환 → 결과검증 순으로 수행



도로통행비용함수 등급별 용량 및 임계속도 산정

- 도로용량은 단위시간인 1시간 동안의 최대교통유율(pcu/h)을 의미하고 도로등급별로 교통유율을 내림차순으로 정렬후 변화율을 검토하여 산정
- 임계속도는 안정류와 불안정류의 경계가 되는 용량상태에서의 속도를 의미하며 용량상태의 속도 분포를 이용하여 용량±100pcu 구간의 평균속도로 산정

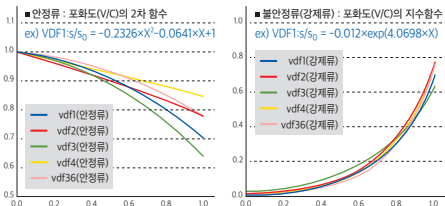


【 도로통행비용함수 등급별 용량 산정 】

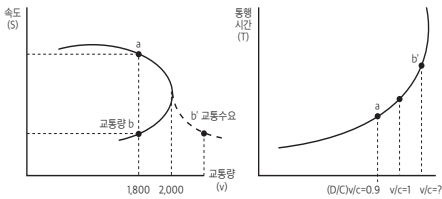
【 도로통행비용함수 등급별 임계속도 산정 】

이상치 제거 및 통행량-통행시간 관계 전환

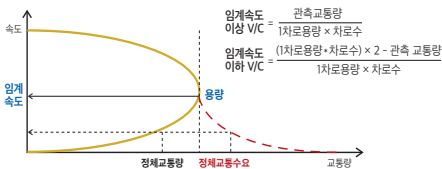
- 안정류는 포화도(V/C)의 2차함수, 불안정류는 포화도(V/C)의 지수함수 형태로 교통량-속도 관계식을 설정하여 오차범위를 초과하는 이상치를 제거
- 도로통행비용함수의, 파라미터를 산정하기 위해서는 교통량-속도 관계를 통행량-통행시간의 관계로 전환이 필요
- 교통공학 개념의 통과교통량이 아닌 교통계획 개념에서의 통행수요로 전환이 필요하며 교통량-속도 관계식의 대칭을 이용하여 교통량(Volume)을 통행량(Demand)으로 전환



- 교통량(V)-속도(S) → 교통수요(D)-통행시간(T) 전환
(교통량(V), 속도(S)) → (수요(D), 통행시간(T))



- 교통량과 통행량(교통수요)관계 (VISSIM 검증 수행)



도로통행비용함수 α, β 파라미터 산정

- 연속류 도로통행비용함수 산정
- α 파라미터 : 수식 유도를 통해 자유통행속도(s_0)와 임계속도(s_c)를 이용하여 산정

$$\frac{t}{t_0} = 1 + \alpha(v/c)^\beta \quad v/c=1 \quad \text{경우,}$$

$$\frac{t_c}{t_0} = \frac{l/s_c}{l/s_0} = \frac{s_0}{s_c} = 1 + \alpha \quad \therefore \alpha = \frac{s_0}{s_c} - 1$$

- β 파라미터 : 0.00 ≤ β ≤ 10.00 구간에서 통행시간 오차(RMSE) 최소화 탐색(최적화)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{t}_i - t_i)^2}{n}}$$

\hat{t}_i : 도로통행비용함수 추정 통행시간;
 t_i : 데이터 통행시간; n : 데이터 개수

- 단속류 도로통행비용함수 산정
- α, β 파라미터 : 0.00 ≤ α ≤ 1.00, 0.00 ≤ β ≤ 10.00구간에서 통행시간 오차 최소화 탐색(최적화)

신규 도로통행비용함수 산정 결과

- 기존 도로통행비용함수와 비교하여 용량은 큰 차이가 없으나 α 파라미터는 감소하고 β 파라미터는 증가하여 혼잡상황을 명확히 반영하도록 함
- 미국과 국내 도로사정이 다를 수 있지만 신규 도로통행비용함수가 미국 MPO 평균과 매우 유사한 결과를 보임

【 도로통행비용함수 비교 】

구분		n	MPO 평균		전체평균		신규		기존	
			α	β	α	β	α	β	α	β
고속도로 (Freeways)	인구>100만	13	0.48	6.95	0.312	5.883	0.362	5.488	0.560	1.910
	100만≥인구>50만	5	0.43	8.82						
	50만≥인구>20만	1	0.15	8.00						
	20만≥인구≥5만	1	0.15	8.80						
간선도로 (Arterials)	인구>100만	11	0.53	4.40	0.514	3.001	0.541	3.789	0.661	2.032
	100만≥인구>50만	4	0.42	5.20						
	50만≥인구>20만	1	0.50	4.00						
	20만≥인구≥5만	2	0.45	5.60						

산정결과 검토

- 전국 지역간 통행을 대상으로 통행배정을 수행하여 신규 도로통행비용함수를 검토
- 기존과 신규 도로통행비용함수간 차이는 크지 않으나 상대적으로 통행배정 오차율이 감소

【 전국 도로망 %RMSE 】

구분	고속도로		일반국도		국지도		지방도		전체		고속 + 일반	
	지점수	%RMSE	지점수	%RMSE	지점수	%RMSE	지점수	%RMSE	지점수	%RMSE	지점수	%RMSE
기준(a)	1,178	34.1	2,986	75.6	626	117	1,978	132	4,164	52.1	6,768	64.1
변경(b)	1,178	32.5	2,986	73.2	626	113	1,978	127	4,164	49.9	6,768	61.5

【 전국 도로망 유형별 %ERROR 】

구분	고속국도	일반국도	국지도	지방도	전체	고속+일반	
지점수	1,178	2,986	626	1,978	4,164	6,768	
관측교통량	55,399,989	27,333,801	4,554,282	8,997,505	82,733,791	96,285,578	
기존 (a)	배정교통량	52,316,231	22,923,080	2,703,537	5,717,965	75,239,311	83,653,791
	%ERROR	-5.6	-16.1	-40.6	-36.4	-9.1	-13.1
변경 (b)	배정교통량	55,371,660	22,367,111	2,754,439	5,760,241	77,738,771	86,229,533
	%ERROR	-0.1	-18.2	-39.5	-36.0	-6.0	-10.4

※ 동일조건에서 도로통행비용함수(VDF)의 비교 평가를 위하여 정산과정을 수행하지 않은 결과 (상대적 비교치)

산정결과

- 일부 현장조사에 의존하지 않고 교통 빅데이터를 이용하여 전국 도로망을 대상으로 도로통행비용함수를 구축함으로써 대표성을 확보할 수 있었음
- 교통류이론에 부합하는 도로통행비용함수 산정으로 통행배정 통행량과 속도에 대한 신뢰도를 함께 고려하고자 함
- 기존과 신규 도로통행비용함수의 통행배정 결과 비교에서 상대적으로 신규 도로통행비용함수의 배정 통행량에서 오차율이 감소함
- 향후, 관련 기관 및 사용자 그룹들과의 협의 및 검토를 진행하여 새롭게 개선된 도로통행비용함수를 KTDB에 적용하고자 함

2020년 설 연휴 특별교통통행 실태조사



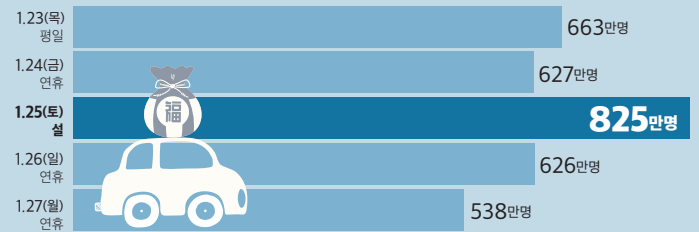
국토교통부에서는 2020년 1월 23일부터 27일까지를 설 연휴 특별교통대책기간으로 설정하였다. 이에 한국교통연구원 교통빅데이터연구본부에서는 「국가통합교통체계효율화법」에 의거하여 2019년 12월 14일부터 17일까지 4일간 전국 9,000세대를 대상으로 2020년 설 연휴 특별교통통행실태조사를 수행함

조사기관 | 한국교통연구원

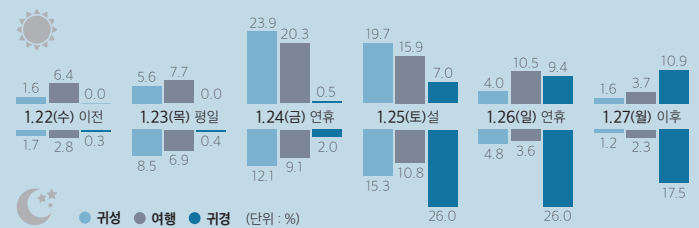
사전조사 | 2019년 12월 14일 ~ 2019년 12월 17일(4일간), 모바일 설문조사(50%)와 전화(CATI) 설문조사(50%) 병행(9,000세대) / (신뢰수준 95%, 표본오차 ± 1.03%)

- 모바일 설문조사 : 휴대폰 문자에 설문주소(URL)를 전송하여 응답자가 직접 질문에 답하는 조사
- CATI(Computer Assisted Telephone Interview) : 컴퓨터가 전화를 걸어 조사원이 설문하는 조사

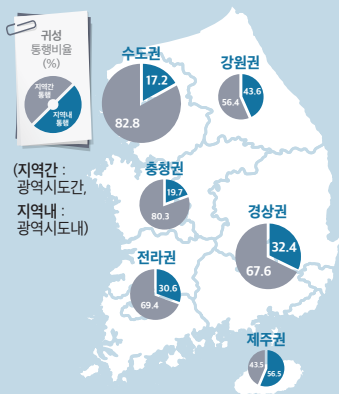
01. 설 연휴기간 일자별 이동인원



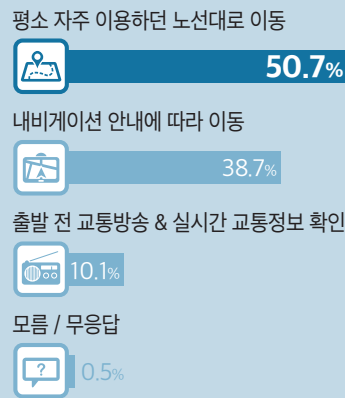
02. 귀성, 여행, 귀경 등 출발일 분포



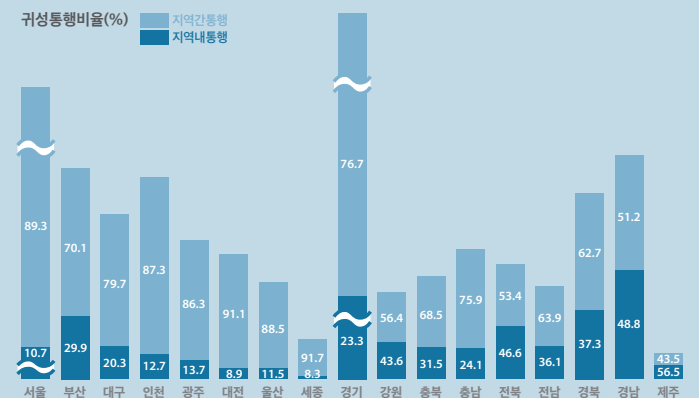
03. 설 연휴기간 권역별 귀성통행비율



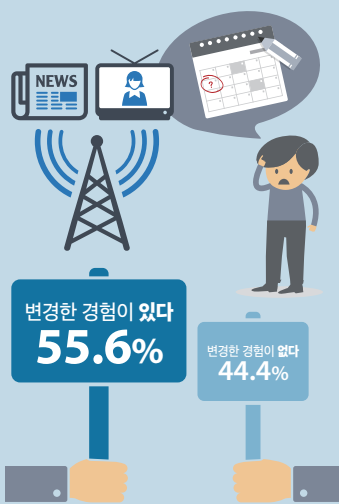
04. 설 연휴 중 이동시 길찾기 방법



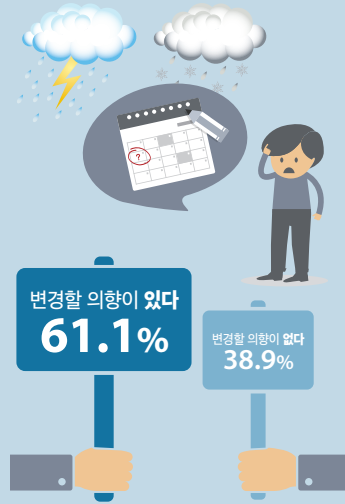
05. 설 연휴기간 시도별 귀성통행비율



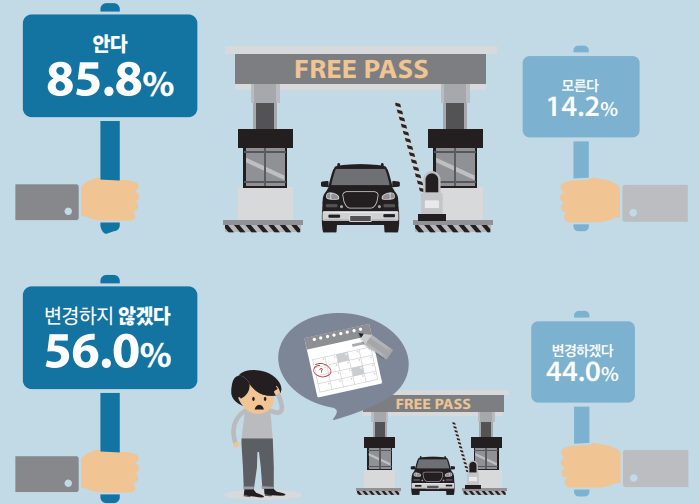
06. 교통혼잡 예보에 따른 일정변경 경험 여부



07. 기상예보에 따른 일정변경 여부



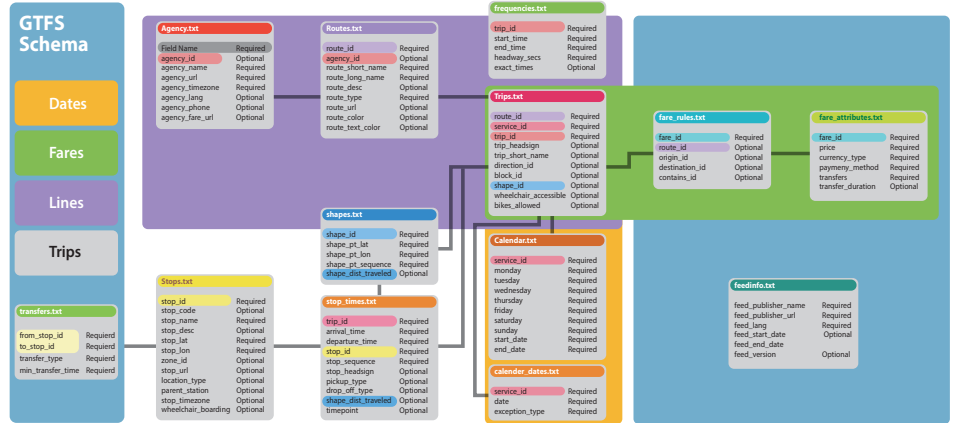
08. 설 연휴 중 고속도로 통행료 면제 인지 및 일정변경 여부



GTFS 기반 대중교통 네트워크 구축

01. GTFS 개요

- GTFS(General Transit Feed Specification)는 대중교통 일정 및 관련 지리 정보에 대한 공통 형식을 정의한 서식으로 전세계 대중교통 정보제공 규격에 가장 일반적으로 활용 중임
- 기반 정보, 운행 시간표, 관련 GIS 정보 등을 각 항목마다 별도의 텍스트 파일로 정의



【 GTFS Schema 구조 】

- GTFS 데이터셋은 아래와 같이 15개의 파일로 구성되어 있으며, 여기에서는 '필수' 또는 '조건부 필수'에 해당하는 6개 데이터셋(agency, stops, routes, trips, stop_times, calendar)을 구축하였음

【 GTFS 데이터셋 및 사용 여부 】

파일명	필수 여부	정 의	사용 여부
agency.txt	필수	- 데이터셋에 서비스가 표현되어 있는 대중교통 기관 1곳 이상 정의	Y
stops.txt	필수	- 탑승자가 차량에 승차하거나 차량에서 하차하는 정류장/역 등 정의	Y
routes.txt	필수	- 대중교통 경로 정의	Y
trips.txt	필수	- 각 경로에 대한 이동(운행회차) 정의	Y
stop_times.txt	필수	- 각 운행회차별 정류장 도착, 출발시각 정의	Y
calendar.txt	조건부	- 각 운행회차별 서비스 가능 요일 및 운행시작/종료일 정의	Y
calendar_dates.txt	조건부	- calendar.txt 파일에서 정의되는 서비스에 대한 예외사항 정의	N
fare_attributes.txt	선택	- 대중교통 운행경로에 대한 요금 정보 정의	N
fare_rules.txt	선택	- 요금 정보를 운행 일정에 적용하기 위한 규칙 정의	N
shapes.txt	선택	- 차량 이동 경로를 지도화하기 위한 규칙 정의	N
frequencies.txt	선택	- 서비스 빈도에 따른 운행 간격 정의	N
transfers.txt	선택	- 경로 간 환승 지점 연결 방법 정의	N
pathways.txt	선택	- 정류장 내 두 지점 사이에 이동하는 통로에 대한 규칙 정의	N
levels.txt	선택	- 역 내부의 층수 정의	N
feed_info.txt	선택	- GTFS 자체에 대한 정보 정의	N

※ 자료 : GTFS 정책 개요, <https://developers.google.com/transit/gtfs/>

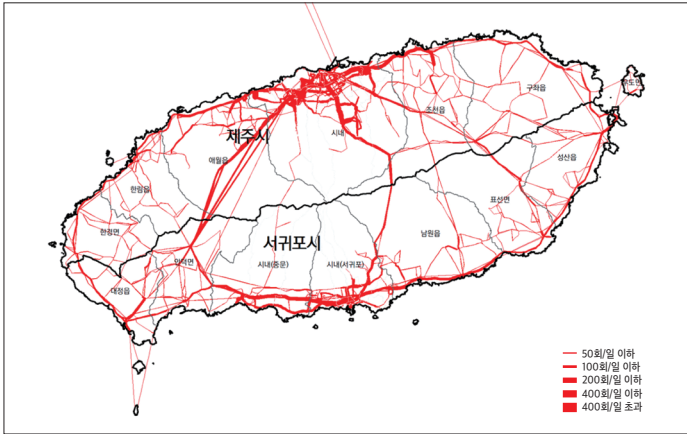
02. 대중교통 GTFS 구축과정

1) 네트워크 구축을 위한 기초자료 수집

- 자료구축 범위 : 시티투어버스 등 관광목적의 노선을 제외한 전체 대중교통 노선 (지자체별 공영버스, 농어촌교통모델 등 포함)
- 자료구축 시점 : 2019년 3월

【 GTFS 데이터셋 및 사용 여부 】

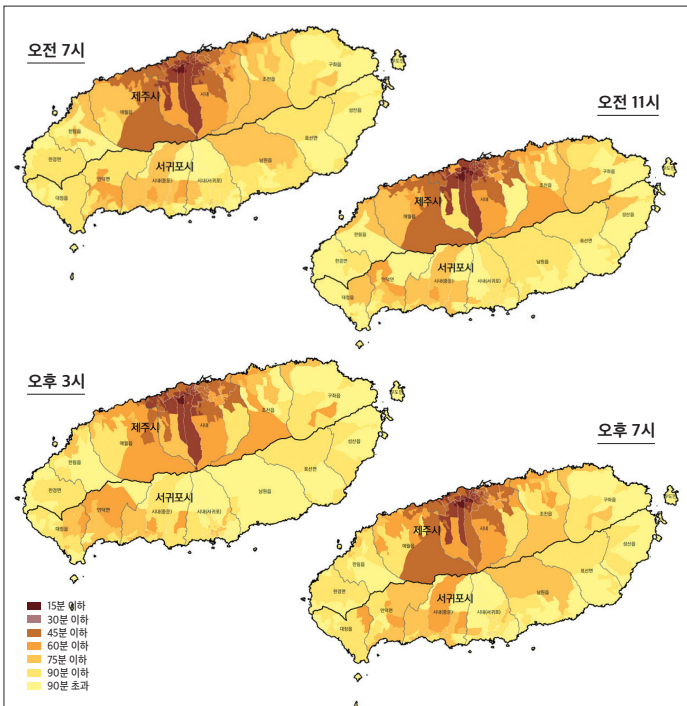
구 분	기반정보	실시간정보	운행시간표
철도/도시철도/경전철	- 역 위치정보 : TAGO, 각 운행사, 카카오프 등 - 환승역 정보 : 각 운행사, 카카오프 등	-	- TAGO 및 각 운행사
시내/농어촌/마을버스 및 공항리무진	- 정류장, 노선, 경유정류장 : TAGO, 지자체 BIS / 포털 지도 · 현장조사	- 구간별 속도, 버스위치정보 : TAGO, 지자체 BIS	- 각 지자체 및 운행사 홈페이지, 블로그
시외버스	- 정류장, 노선, 경유정류장 : TAGO, 한국교통연구원	-	- 각 지자체 및 운행사 홈페이지, 블로그
항공	- 공항 위치정보 : 한국공항공사	-	- TAGO
해운	- 항만 위치정보 : TAGO, 포털지도 - 운행 노선망 : TAGO, 해운통계요람 등	-	- 각 지자체 및 운행사 홈페이지, 블로그



【 제주도 대중교통 노선망 및 운행횟수 분포 】

2) 출발시각별 제주특별자치도청 접근시간 분포

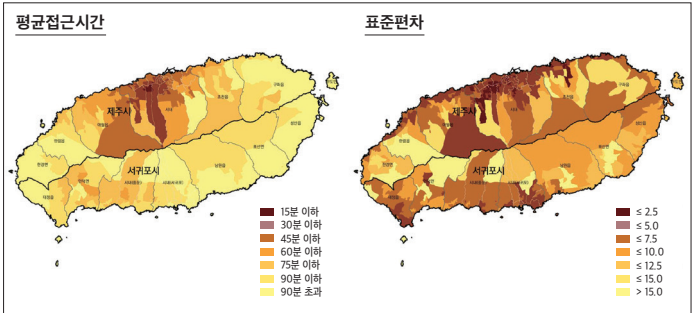
- 각 집계구별 4개 출발시각별로 제주특별자치도청까지의 대중교통 접근시간을 산정하였으며, 집계구별 출발시각별 접근시간 분포는 아래와 같음



【 출발시각별 제주특별자치도청 접근시간 】

3) 출근시간대 제주특별자치도청 대중교통 접근시간 분석

- 각 집계구별 오전 7~9시 사이 5분간격으로 제주특별자치도청까지 접근시간을 산출하였으며, 접근시간의 평균과 표준편차 분포는 아래와 같음



【 집계구별 제주특별자치도청 접근시간 및 표준편차(오전 7~9시, 5분 간격) 】

- 집계구별 결과를 집계구별 인구를 기반으로 행정구역별 가중평균한 결과, 제주도 전체적으로 출근시간 제주도청까지의 대중교통 평균접근시간은 50.6분으로 나타났다으며, 제주시의 경우 38.2분, 서귀포시의 경우 84.9분임
- 전반적으로 제주도청에서 멀리 떨어진 곳일수록 접근시간 또한 더 긴 것으로 나타났다음
- 표준편차로 비교한 결과 추자면을 제외하고 제주도 한경면이 접근시간 편차가 가장 큰 것으로 나타남

【 행정구역별 출근시간대 제주특별자치도청 접근시간 기초통계 】

시도	시군	지역	평균	최소	최대	표준편차
제주특별자치도	전체		50.6	49.5	51.5	0.54
	제주시	전체	38.2	37.4	39.4	0.55
	제주시	시내	28.5	27.8	29.8	0.56
	제주시	한림읍	83.3	77.9	87.5	2.92
	제주시	애월읍	48.7	46.6	51.4	1.33
	제주시	구좌읍	92.0	89.3	95.7	1.37
	제주시	조천읍	63.3	62.1	64.7	0.68
	제주시	한경면	93.5	82.3	104.9	5.84
	제주시	추자면	274.6	215.5	335.5	36.06
	제주시	우도면	157.4	142.4	168.2	6.21
	서귀포시	전체	84.9	82.9	86.7	1.14
	서귀포시	시내(서귀포)	84.8	81.8	86.6	1.47
	서귀포시	시내(중문)	72.4	68.3	76.3	2.05
	서귀포시	대정읍	81.2	75.5	88.0	3.00
	서귀포시	남원읍	94.9	88.2	101.4	3.59
	서귀포시	성산읍	100.8	94.2	105.4	3.10
	서귀포시	안덕면	71.8	67.1	78.8	2.72
	서귀포시	표선면	99.8	93.1	105.8	3.49

04. 대중교통 GTFS 네트워크 활용방안

- GTFS데이터는 각각의 도착/출발시각을 포함한 대중교통 관련 상세자료로 현재 KTDB에서는 대중교통 교통접근성지표 산정을 위하여 자체 구축하여 분석에 활용하고 있음
- 이와 함께 향후에는 시간대별 대중교통 통행시간 및 경로 분석 등과 함께 대중교통 노선개편에 있어서 영향 등에 대한 시뮬레이션에 있어, 충분히 활용가치가 있을 것으로 보임

