

빅데이터 기반 화물OD신뢰도  
제고 연구



2019년 국가교통조사 · DB시스템 운영 및 유지보수

빅데이터 기반 화물OD신뢰도 제고 연구

2019년 「국가교통조사 · DB시스템 운영 및 유지보수」

# 빅데이터 기반 화물OD신뢰도 제고 연구

2019. 12



2019년 「국가교통조사·DB시스템 운영 및  
유지보수」

# 빅 데이터 기반 화물OD신뢰도 제고 연구

7



# 제 출 문

국토교통부장관 귀하

본 보고서를 「2019년도 국가교통조사 및 DB시스템 운영 및 유지 보수」 최종보고서로 제출합니다.

2019년 12월

한국교통연구원

원장 오 재 학

**본 『2019년도 국가교통조사 및 DB시스템 운영 및  
유지보수』는 다음 연구진에 의해 수행되었습니다.**

## **참 여 연 구 진**

<b>&lt;한국교통연구원&gt;</b>	
연구책임자	◦ 김주영 연구위원
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 박인기, 최정민, 조종석, 천승훈 연구위원</li> <li>◦ 박용일, 황순연, 장동익, 송태진, 성홍모, 원민수, 김병관, 우왕희 부연구위원</li> <li>◦ 신영권, 김동호, 김규진, 김정은 주임전문원, 이종우 전문연구원</li> <li>◦ 강국수, 강명제, 고두환, 광명신, 김관용, 김성민, 김은미, 박미란, 박준호, 오연선, 이선아, 이슬기, 이채영, 이해선, 정승환, 조용훈, 채정표, 홍성표 연구원</li> <li>◦ 김예은, 송수환 연구조원</li> </ul>
<b>&lt;한국해양수산개발원&gt;</b>	
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 이호춘, 전형진, 이종필 부연구위원</li> <li>◦ 류희영 연구원</li> </ul>
<b>&lt;한국항공협회&gt;</b>	
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 성인영 실장</li> <li>◦ 박수경 과장, 손병열 과장, 유인아 대리</li> </ul>

# 『2019년도 국가교통조사 및 DB구축사업』

## 보고서 구성 및 담당연구진

번 호	과 제 명	연 구 진
제 1권	요약보고서	김주영, 신영권, 박준호
제 2권	전국여객O/D 보완갱신	조종석, 강국수, 박미란
제 3권	빅데이터 기반 여객 O/D 신뢰도 제고 연구	김병관, 채정표, 정승환
제 4권	항공여객 O/D 및 특성조사	한국항공협회
제 5권	물류거점 화물실태조사	박인기, 성홍모, 김정은, 조용훈 강명제
제 6권	전국연안화물O/D 조사	한국해양수산개발원
제 7권	빅데이터 기반 화물OD 신뢰도 제고 연구	박인기, 성홍모, 김정은, 조용훈 강명제
제 8권	교통분석용 네트워크 구축	최정민, 우왕희, 이선아, 이슬기
제 9권	KTDB 플랫폼 기반지도 구축	김동호, 김관용
제10권	국가교통통계조사	박용일, 곽명신
제11권	특별교통대책기간 통행실태 조사	최정민, 우왕희, 김은미
제12권	교통혼잡지도 DB구축	천승훈, 김성민, 김관용, 이채영
제13권	대중교통 정책지원 고도화를 위한 모바일 빅데이터 DB구축	김동호, 송태진, 원민수, 이해선, 이종우
제14권	교통유발원단위조사 예비조사	황순연, 오연선, 고두환
제15권	국가교통물류경쟁력지표 조사연구	장동익, 홍성표
제16권	DB시스템 운영 및 유지보수	신영권, 김규진, 박준호

## 『2019년도 국가교통조사 및 DB구축사업』

### 과제별 공동참여·위탁용역 사업자

#### 【공동사업 참여기관】

- 전국 여객O/D 현행화 공동사업 (제주특별자치도 부문)
  - 홍익대학교산학협력단
- 전국 여객O/D 현행화 공동사업 (부산·울산권 부문)
  - 경성대학교산학협력단, (주)나우건설턴트
- 전국 여객O/D 현행화 공동사업 (대전·세종·충청권 부문)
  - 코에스페셜주식회사, (주)신명이앤씨

#### 【위탁용역 사업자】

- 전국 장래 시군 및 읍면동 인구예측에 관한 연구
  - 고려대학교산학협력단
- 물류거점화물실태조사
  - (주)코리아데이터네트워크
- 영업용 화물차 운행기록계 빅데이터를 이용한 화물 기종점통행량 및 운행특성분석연구
  - (주)노트스퀘어
- 도로 및 철도 교통분석용 네트워크 보완갱신
  - (주)신명이앤씨
- KTDB 교통빅데이터 플랫폼 (View-T) 분석맵 구축
  - (주)큐빅웨어

## 【위탁용역 사업자】

- 국가교통 DB Brief 발간 대행
  - ㈜우공이산
- 특별교통통행실태조사 및 이용자 만족도 조사
  - ㈜마크로밀엠브레인
- View-T 서비스 제공을 위한 차량모빌리티 데이터 구축 및 기능개선
  - ㈜큐빅웨어, (사) 한국ITS학회
- 모바일 빅데이터 기반 교통분석용 DB구축
  - ㈜KT
- View-T 2.0 서비스 제공을 위한 통신 빅데이터 구축 및 기능 개선
  - ㈜큐빅웨어
- 교통유발원단위 예비조사
  - ㈜아이로드테크, ㈜지알아이리서치



## 최종보고서 목차

- 제 1권 요약보고서
- 제 2권 전국여객O/D보완갱신
- 제 3권 빅데이터 기반 여객OD신뢰도 제고 연구
- 제 4권 항공여객 O/D 및 특성조사
- 제 5권 물류거점 화물실태조사
- 제 6권 전국연안화물O/D 조사
- 제 7권 빅데이터 기반 화물OD신뢰도 제고 연구
- 제 8권 교통분석용 네트워크 구축
- 제 9권 KTDB 플랫폼 기반지도 구축
- 제 10권 국가교통통계조사
- 제 11권 특별교통대책기간 통행실태조사
- 제 12권 교통혼잡지도 DB구축
- 제 13권 대중교통 정책지원 고도화를 위한 모바일 빅데이터 DB구축
- 제 14권 교통유발원단위 예비조사
- 제 15권 국가교통물류경쟁력지표 조사연구
- 제 16권 DB시스템 운영 및 유지보수

# 목 차

## 요 약

### 제1장 과업의 개요 ..... 1

제1절 과업의 목적 및 범위 / 3

제2절 과업의 내용 및 방법 / 5

### 제2장 빅데이터를 이용 광역권 내 화물수요 존세분화 방법론 연구 ..... 7

제1절 개요 / 9

제2절 기존문헌 고찰 / 9

제3절 광역권 내 화물자동차 존세분화 연구 / 21

### 제3장 영업용 화물자동차 운행기록자료를 이용한 기종점통행량 구축 방안 .. 41

제1절 연구의 개요 / 43

제2절 영업용 화물자동차 운행기록자료 관련 기존문헌 고찰 / 46

제3절 자료구조 분석 / 61

제4절 기초자료 분석 / 64

제5절 전처리과정 구축 / 68

제6절 분석 방법론 정립 / 75

제7절 통행특성 분석 / 94

제8절 기타분석 / 107

### 제4장 빅데이터 활용 화물 기종점통행량 구축 체계 전환 방안 수립 ..... 123

제1절 화물통행실태조사와 빅데이터의 역할 및 상호대체·보완 방안 검토 / 125

제2절 빅데이터 기반 화물 기종점통행량 구축 방법론 / 129

### 제5장 결론 ..... 133

제1절 결론 / 135

제2절 향후 연구과제 / 136

### 참고문헌 ..... 139

## 표 목 차

〈표 2- 1〉 O/D 결합 1단계 .....	13
〈표 2- 2〉 O/D 결합 2단계 .....	13
〈표 2- 3〉 O/D 결합 3단계 .....	14
〈표 2- 4〉 보정된 통합 O/D .....	14
〈표 2- 5〉 광주광역시 화물자동차 존세분화 활용 자료구분 .....	21
〈표 2- 6〉 광주광역시 화물자동차 유형별 조사 표본수 .....	22
〈표 2- 7〉 광주광역시 비영업용 화물자동차 표본수 .....	23
〈표 2- 8〉 통행저항함수 형태 .....	24
〈표 2- 9〉 광주광역시 비영업용 화물자동차 통행저항함수(역멩함수) 적합 결과 및 계수	25
〈표 2-10〉 광주광역시 톤급별 통행저항 함수와 조사자료 기반 주행거리 분포 비교 ·	26
〈표 2-11〉 광주광역시 영업용 화물자동차 표본수 .....	27
〈표 2-12〉 광주광역시 영업용 화물자동차 통행저항함수(역멩함수) 적합 결과 및 계수	29
〈표 2-13〉 광주광역시 영업용 소소형 화물자동차의 조사자료 기반 주행거리 분포 ···	30
〈표 2-14〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 일자별 광역권 내 통행수 ·	31
〈표 2-15〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 시군구별 내부통행 비율 ···	31
〈표 2-16〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 일자별 시군구별 내부통행 대수	32
〈표 2-17〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 일자별 시군구별 내부통행 비율	33
〈표 2-18〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 읍면동 기준 발생량 및 도착량 ·	34
〈표 2-19〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 통행패턴 분석결과 .....	35
〈표 2-20〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 총 통행별 차량대수 .....	36
〈표 2-21〉 영업용화물자동차 운행기록자료기준 1일기준 트립체인 유형 .....	37
〈표 3- 1〉 영업용화물자동차 운행기록(DTG) 원시자료구조 .....	61
〈표 3- 2〉 디지털운행기록계(DTG)의 운행지역 코드 .....	63
〈표 3- 3〉 휴게소 위치 정보 제공 기관별 자료의 장단점 .....	90
〈표 3- 4〉 영업용화물자동차 운행기록의 통행 추출 결과 .....	94
〈표 3- 5〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 통행 발생량 및 도착량 .....	95
〈표 3- 6〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 시도 내부통행 비율 .....	96
〈표 3- 7〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 표본 O/D .....	97

〈표 3- 8〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 시간대별 통행특성 .....	98
〈표 3- 9〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 일평균 통행특성 .....	99
〈표 3-10〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 일평균 통행수 .....	100
〈표 3-11〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 주중/주말 시간대별 통행특성 비교 ....	101
〈표 3-12〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 주중/주말 일평균 통행특성 비교 .....	102
〈표 3-13〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 1일기준 총통행수 기준의 차량수 .....	103
〈표 3-14〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 1일기준 총통행수 및 통행량 .....	104
〈표 3-15〉 물류거점별 현황 및 거점간 표본수 .....	107
〈표 3-16〉 물류거점 유형별 발생량 및 도착량 분포 .....	108
〈표 3-17〉 물류거점 분석대상 리스트 .....	109
〈표 3-18〉 물류거점 분석대상 리스트(계속) .....	110
〈표 3-19〉 물류거점 분석대상 리스트(계속) .....	111
〈표 3-20〉 물류거점별 통행 O/D분포 비율(기타유형 포함) .....	112
〈표 3-21〉 물류거점별 통행 O/D분포 비율(기타유형 제외) .....	112
〈표 3-22〉 고속도로 휴게소 분포현황 .....	117
〈표 3-23〉 고속도로 휴게소 데이터 수집현황 .....	117
〈표 3-24〉 고속도로 노선별 영업용화물자동차 운행기록자료분포 .....	119
〈표 3-25〉 고속도로 휴게소별 평균 이용시간 (단위:분) .....	121

## 그림목차

〈그림 2- 1〉 세부존 O/D 구축방법 흐름도 .....	10
〈그림 2- 2〉 존내 내부통행의 개념 .....	11
〈그림 2- 3〉 관측교통량 기반 O/D 추정연구 분류 .....	15
〈그림 2- 4〉 대안별 화물O/D 세분화 .....	17
〈그림 2- 5〉 O/D matrix 세분화 개념도1 .....	18
〈그림 2- 6〉 O/D matrix 세분화 개념도2 .....	18
〈그림 2- 7〉 연구 진행 단계별 최적 추정 O/D 선정과정 .....	20
〈그림 2- 8〉 광주광역시 소형(소소형, 소형) 화물자동차 내부통행거리 빈도율 .....	23
〈그림 2- 9〉 광주광역시 중대형 화물자동차 내부통행거리 빈도율 .....	24
〈그림 2-10〉 광주광역시 화물자동차 내부통행분포(역명함수) 비율 결과 .....	25
〈그림 2-11〉 광주광역시 소소형 화물자동차 내부통행거리 빈도율 .....	28
〈그림 2-12〉 광주광역시 영업용 화물자동차 내부통행분포(역명함수) 비율 .....	29
〈그림 2-13〉 광주광역시 통행패턴 분석결과 비율(%) .....	35
〈그림 2-14〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 광역권 내 주요 통행패턴(1통행 ~3통행) ...	38
〈그림 2-15〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 광역권 내 주요 통행패턴(4통행) ..	39
〈그림 2-16〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 광역권 내 주요 통행패턴(5통행) ..	39
〈그림 3- 1〉 첨단교통자료를 활용한 교통지표 DB 구축 유효 통행 추출 과정 .....	47
〈그림 3- 2〉 모바일 자료, GPS 자료, 블루투스 자료 기술적 특성 비교 .....	48
〈그림 3- 3〉 연구분야에 따른 모바일 자료, GPS 자료 적합성 비교 .....	49
〈그림 3- 4〉 모바일 자료, GPS 자료, 블루투스 자료 장단점 비교 .....	50
〈그림 3- 5〉 미국 시카고-트윈시티 교통축 지점별 화물자동차 도착 통행수 .....	51
〈그림 3- 6〉 미국 시카고-트윈시티 교통축 화물차 휴게시간 분포 .....	51
〈그림 3- 7〉 미국의 Puset Sound Region 지역 GPS 자료 OD 추출과정 알고리즘 흐름도 52	
〈그림 3- 8〉 미국의 Puset Sound Region 지역 온라인 화물차 화물 운행지표 시스템 흐름도 52	
〈그림 3- 9〉 플로리다 주 GPS 자료 기반 화물차 통행수 .....	53
〈그림 3-10〉 플로리다 주 GPS 자료 기반 화물차 하루 통행비율 .....	53
〈그림 3-11〉 플로리다 주 GPS 원시자료에서 통행 추출 알고리즘 .....	54
〈그림 3-12〉 중국 화물자동차 운행기록계 자료구조 .....	55

〈그림 3-13〉 중국 화물자동차 운행기록계 월별, 특정일 지역 간 및 지역 내 통행 분석	55
〈그림 3-14〉 중국 화물자동차 운행기록계 지역 간 및 지역 내 통행을 하루 통행 출발 및 도착 시점 .....	56
〈그림 3-15〉 미국 플로리다주 관측교통량 대비 GPS 자료 표본 비율 .....	56
〈그림 3-16〉 미국 플로리다주 관측교통량과 추정교통량 비교 .....	57
〈그림 3-17〉 Ma, Xiaolei 연구의 통행사슬 정의 .....	57
〈그림 3-18〉 Ma, Xiaolei 연구의 다수 통행 사슬 예시 .....	58
〈그림 3-19〉 미국 애리조나주 GPS 자료 맵매칭 과정 .....	58
〈그림 3-20〉 미국 애리조나주 GPS 자료 활용한 교통량 흐름 .....	59
〈그림 3-21〉 미국 애리조나주 GPS 자료 활용한 시간대별 분석 .....	59
〈그림 3-22〉 헝가리의 중대형 화물차 소형 화물차 기종점통행량 추정과정 .....	60
〈그림 3-23〉 영업용화물자동차 운행기록 원시자료의 자동차 유형 비율 .....	64
〈그림 3-24〉 영업용화물자동차 운행기록 원시자료의 속도 분포 .....	65
〈그림 3-25〉 영업용화물자동차 운행기록 원시자료의 시간대 분포 .....	66
〈그림 3-26〉 2017년 10월 일자별 운행 차량 대수(영업용화물자동차 기록계 자료) ....	67
〈그림 3-27〉 2017년 10월 지역별 운행차량대수(영업용화물자동차 기록계 자료) .....	67
〈그림 3-28〉 HDF5 저장 구조 스키마(트리 구조 형태의 파일 저장) .....	69
〈그림 3-29〉 GPS궤적의 노이즈 예시 .....	70
〈그림 3-30〉 GPS 궤적에 큰 오차가 발생하는 경우 예시 .....	71
〈그림 3-31〉 자동 폴리곤 생성의 경우 커버가 모두 되지 않는 경우 예시 .....	73
〈그림 3-32〉 영업용화물자동차 운행기록 자료를 활용한 기종점통행량 구축방안 .....	75
〈그림 3-33〉 영업용화물자동차 운행기록자료를 활용한 통행 추출 알고리즘 순서도 ..	76
〈그림 3-34〉 영업용화물자동차 운행기록자료의최소 이동 거리 50m, 100m 에 대한 일 별 통행 횟수 .....	77
〈그림 3-35〉 영업용화물자동차 운행기록자료의최소 이동 거리 50m, 100m 에 대한 일 별 평균 이동 거리 .....	77
〈그림 3-36〉 영업용화물자동차 운행기록자료의최소 이동 거리 50m, 100m 에 대한 일 별 평균 휴게 시간 .....	78
〈그림 3-37〉 영업용화물자동차 운행기록자료의정차 시간 빈도 (단위: 시) .....	78
〈그림 3-38〉 영업용화물자동차 운행기록자료의정차 시간 빈도 (단위: 분) .....	79
〈그림 3-39〉 영업용화물자동차 운행기록자료의누적 정차 시간 빈도 (단위: 시) .....	80
〈그림 3-40〉 영업용화물자동차 운행기록자료의이동 시간 빈도 (단위: 시) .....	81

〈그림 3-41〉 영업용화물자동차 운행기록자료의이동 시간 빈도 (단위: 분) .....	82
〈그림 3-42〉 영업용화물자동차 운행기록자료의누적 이동 시간 빈도 (단위: 시) .....	83
〈그림 3-43〉 영업용화물자동차 운행기록자료의이동 거리 빈도 (단위 km) .....	84
〈그림 3-44〉 영업용화물자동차 운행기록자료의누적 이동 거리 빈도 (단위 km) .....	85
〈그림 3-45〉 일반적인 통행 그래프: 순간적으로 이동이라고 판단되지 않는 부분(빨간 색 바) .....	87
〈그림 3-46〉 통행이 끝나는 그래프: 이동으로 판단되지 않는 부분(빨간색 바) .....	87
〈그림 3-47〉 이동 판단을 위한 슬라이딩 윈도우 작동(예시) .....	88
〈그림 3-48〉 휴게소 위치(빨간색 화살표)와 주변 도로 예시 .....	92
〈그림 3-49〉 완성된 휴게소 검출 폴리곤 모습 .....	93
〈그림 3-50〉 영업용화물자동차 운행기록의 통행 추출 결과 .....	94
〈그림 3-51〉 영업용 화물차의 시간대별 통행특성 .....	98
〈그림 3-52〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 일평균 통행특성 .....	99
〈그림 3-53〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 주중/주말 시간대별 통행특성 비교	101
〈그림 3-54〉 영업용화물자동차 운행기록자료의 주중/주말 일평균 통행특성 비교	102
〈그림 3-55〉 DTG 자료의 1통행 ~ 3통행 기준 트립체인 주요 유형 .....	105
〈그림 3-56〉 DTG 자료의 4통행 기준 트립체인 주요 유형 .....	106
〈그림 3-57〉 DTG 자료의 5통행 기준 트립체인 주요 유형 .....	106
〈그림 3-58〉 물류거점 유형별 발생량 및 도착량 비율(기타제외) .....	108
〈그림 3-59〉 물류거점 유형별 시군구 발생량 분포 .....	113
〈그림 3-60〉 물류거점 유형별 시군구 발생량 분포(계속) .....	114
〈그림 3-61〉 물류거점 유형별 시군구 도착량 분포 .....	115
〈그림 3-62〉 물류거점 유형별 시군구 도착량 분포(계속) .....	116
〈그림 3-63〉 고속도로 휴게소 위치 .....	118
〈그림 3-64〉 고속도로 상하행 휴게소 위치 .....	118
〈그림 3-65〉 고속도로 휴게소별 데이터 분포 .....	120
〈그림 3-66〉 고속도로 상하행 휴게소별 데이터 분포 .....	120
〈그림 3-67〉 주요노선 심야시간 상하행 휴게소 평균 이용시간 .....	121
〈그림 3-68〉 심야시간대 상하행 휴게소 평균 이용시간(상위 10개) .....	122
〈그림 3-69〉 일반휴게소 및 화물전용휴게소 평균 이용시간 비율분포 .....	122
〈그림 4- 1〉 최근 사업체 물류현황 조사 응답율 .....	125

〈그림 4- 2〉 GPS 조사 결과와 설문조사 결과 정차 빈도 비교 1 .....	126
〈그림 4- 3〉 GPS 조사 결과와 설문조사 결과 정차 빈도 비교 2 .....	126
〈그림 4- 4〉 GPS 자료와 설문조사 자료 통행별 대체 가능성 .....	127
〈그림 4- 5〉 GPS 자료와 설문조사 자료 변수별 대체 흐름도 .....	128
〈그림 4- 6〉 빅데이터 기반 전국 지역 간 화물자동차 기종점통행량 구축 방법론 ....	131
〈그림 4- 7〉 빅데이터 기반 전국 지역 간 화물물동량 기종점통행량 구축 방법론 ....	132





요약





## 요 약

### 1. 과업의 개요

#### 가. 과업의 목적 및 범위

##### 1) 과업의 배경

- 정보통신기술의 발전에 따라 빅데이터를 수집/가공할 수 있는 여건이 갖추어짐에 따라서 공공/민간기관 모두 관련 빅데이터를 수집하고 있으며, 화물 기종점통행량 구축 사업도 환경변화가 필요함
- 기존의 화물기종점통행량은 설문 응답자를 접촉하여 인터뷰를 수행하는 면접조사 방식의 소규모 표본 조사 자료를 바탕으로 차량 또는 물동량 전체로 변환하여 구축하는 방식이며, 설문조사 방법은 시간이 갈수록 설문 응답을 받기가 어려워지고 있으며, 조사비용 또한 증가하고 있는 실정임
- 화물기종점통행량 자료는 국가물류계획을 수립하고 정책방안을 제시하기 위해 이용하는 기초자료로써, 화물부문 빅데이터를 활용하여 정확성과 효율성을 높이기 위한 기종점통행량 구축 기초연구가 필요함
- 영업용화물차운행기록자료 등 화물·물류부문 교통 빅데이터를 활용하여 전통적인 조사기반 기종점통행량 구축과정을 개선하고 검증하기 위한 연구를 수행하고자 함

##### 2) 과업의 필요성

- 공공/민간기관에서 보유하고 있는 화물교통 관련 빅데이터를 조사하고 수집하여 KTDB로 구축하는 과정이 필요함
- 화물 기종점통행량 자료의 신뢰성을 제고하기 위한 방안으로 빅데이터를 활용하여 조사표본율과 조사내용 및 조사방법에 대한 새로운 조사체계와 이를 활용 전수화하는 과정을 수립하는 것이 시급함
- 조사기반 물동량 기종점통행량과 화물자동차 기종점통행량은 모든 수단, 산업, 차종을 반영하는데 한계가 있어 화물물류 빅데이터 기반 기종점통행량 구축 시범 연구를 통하여 기존 구축체계를 보완 및 대체하기 위한 노력이 필요함

- 빅데이터를 이용한 화물 기종점통행량 구축 방안을 검토하고 조사가 반드시 필요한 부분과 빅데이터를 활용하여 정확도를 높일 수 있는 부분을 검토가 요구되어지며, 향후 화물 기종점통행량 구축체계 전환 방안을 수립하고자 함

### 3) 과업의 범위

#### ① 시간적 범위

- 과업범위 : 2019년 1월 ~ 12월

#### ② 공간적 범위

- 제주도를 제외한 전국을 대상으로 함

#### ③ 내용적 범위

- 빅데이터를 이용 도시내 화물수요 존재분화 방법론 연구
- 빅데이터 활용 화물자동차 기종점통행량 구축 방안 연구
- 빅데이터 활용 화물 기종점통행량 구축 체계 전환 방안(로드맵) 수립
- 기대효과
  - 신뢰성 있는 기초자료 구축을 통한 공공 교통시설 타당성 평가 자료의 객관성 확보 및 교통정책 개발 및 연구의 신뢰성 증진됨
  - 화물물류 부문 빅데이터를 활용하여 기종점통행량 구축 방안을 검토하여 기존 인력식 면접조사와 표본조사의 한계를 극복할 수 있음
  - 빅데이터를 기반 기종점통행량 구축을 통해 자료의 갱신 주기를 줄이고 지역별 화물 교통수요 변화분을 시의성 있게 반영될 것이라 판단됨

## 나. 과업의 내용 및 방법

### 1) 빅데이터를 이용 도시 내 화물수요 존세분화 방법론 연구

- 국내 화물자동차 관련 빅데이터 활용 화물수요 존세분화 방법론 연구
- 화물자동차 광역권 내 존세분화 방법론 연구

### 2) 빅데이터를 이용 광역권 내 화물수요 존세분화 방법론 연구

- 영업용 화물자동차 운행기록자료 관련 기존문헌 고찰
- 자료구조 분석
- 기초자료 분석
- 전처리과정 구축
- 분석방법론 정립
- 통행특성 분석
- 기타분석

### 3) 빅데이터 활용 화물 기종점통행량 구축 체계 전환 방안 수립

- 화물통행실태조사와 빅데이터의 역할 및 상호대체·보완 방안 검토
- 화물 기종점통행량 통합 구축 방안 및 중장기 로드맵 수립

## 2. 빅데이터를 이용 광역권 내 화물수요 존세분화 방법론 연구

### 가. 기존문헌 고찰

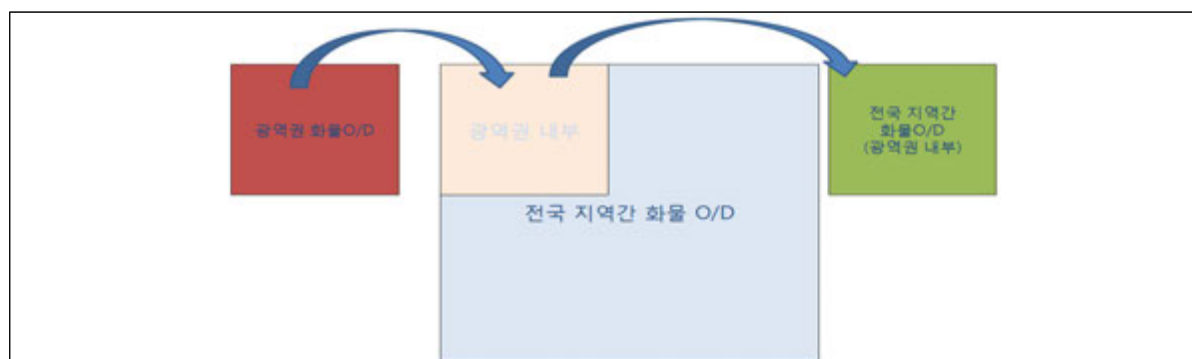
- 한국개발연구원 도로철도부문 사업의 예타 표준지침 수정보완 연구(5판)
  - 한국교통연구원에서는 KTDB를 정기적으로 배포하고 있지만, 영향권 내에 위치한 주요 네트워크의 누락 여부, 현재 교통상황과 변경된 계획 등을 반영하여 교통분석에 적합한 기초자료를 구축하는 것은 해당 연구진들이 사업에 맞게 수정 및 보완을 함

- 기초자료의 존 체계하에서 사업 시행으로 인한 교통패턴의 변화를 분석하기 어려운 경우에는 영향권 등 사업노선의 수요에 직접적인 영향을 미치는 지역에 대해서 존 세분화 작업을 거쳐 교통분석을 수행함
- O/D를 세분화할 때 해당 지역에 대한 교통정비기본계획 등의 법정계획에 사용된 기초자료(O/D 및 네트워크 등)를 얻을 수 있는 경우 이를 이용하여 존 세분화 작업에 활용할 수 있음
- 관측교통량 기반 O/D 추정 연구방법론
  - 관측교통량을 기반으로 한 O/D 구축은 1970년대부터 교통학계에서 꾸준히 연구되어 왔으나, 관측교통량으로부터 O/D를 추정하는 방법은 근본적으로 수학적인 과소 식별(Under-determined)의 문제를 갖고 있음
  - 이러한 과소 식별의 문제를 해결하고 정확한 O/D 수요를 추정하기 위해 해왔던 다양한 노력을 확인할 수 있으며, 이를 분류하여 정리하면 다음과 같음



<그림 1> 관측교통량 기반 O/D 추정연구 분류

- 대도시 화물수요추정 방안 연구: 관측교통량 기반 O/D 추정 방법론 고찰(2015)
  - 여객통행O/D의 존재계에 부합하는 수도권 및 광역권별 화물통행 자료는 현재 존재하지 않기 때문에, 2004년 『국가교통DB구축사업』의 수도권 및 지방 5개 광역권 화물 기종점통행량 현행화 자료를 활용함
  - 광역권 화물O/D를 활용하여 광역권 내부 화물 통행을 구성한 후 광역권 화물O/D에는 포함되어 있지 않은 지역 권역↔광역 권역, 지역 권역↔지역 권역의 화물 통행량을 구성하기 위해 전국 지역간 화물 O/D를 광역권 화물O/D와 결합하여 활용
  - 전국 지역간 화물O/D 통행 중 광역권 내부O/D를 해당 광역권 내부 화물O/D로 교체함
  - 광역권역↔전국 지역간 통행량의 존재계를 기타 통행의 비율로 적용시켜 광역권역의 존재계로 세분화함(광역권 여객O/D 기타 통행량 비율을 활용)



자료: 한국교통연구원, 『국가교통조사 및 DB구축사업 중 전국 화물O/D 보완갱신 연구: 대도시 화물수요추정 방안 연구』, 2015

<그림 2> O/D matrix 세분화 개념도1



자료: 한국교통연구원, 『국가교통조사 및 DB구축사업 중 전국 화물O/D 보완갱신 연구: 대도시 화물수요추정 방안 연구』, 2015

<그림 3> O/D matrix 세분화 개념도2



## 나. 광역권 내 화물자동차 존세분화 연구

- 본 절에서는 통행발생 단계에서 추정된 존별 화물자동차의 발생 통행량과 도착 통행량을 존 간의 교차 통행량으로 배분하는 과정을 수행하며, 이를 위하여 우선 조사 표본을 기반으로 화물자동차 업종별, 톤급별 통행거리에 따른 통행빈도 분포를 검토한 후, 통행분포모형을 정립함
- 모형 정립에 활용되는 조사 표본은 2017년 전국 화물통행실태조사 중 화물자동차 통행실태조사의 일부 항목인 하루 통행일지 조사결과임
- 분석도시는 17개시도 중 광주광역시의 내부통행을 기준으로 분석하였음

### 1) 비영업용 화물자동차 존 세분화 방법론 정립방향

- 중력모형의 구조를 결정하기 위해서는 우선 존간 통행저항함수의 형태를 추정해야 하는데, 본 연구에서는 화물자동차통행실태조사의 하루 통행일지에서 조사된 광주광역시의 존간 통행거리와 통행빈도를 기반으로 통행거리에 따른 통행빈도 분포를 검토한 후, 화물자동차 유형별 통행저항함수의 형태를 결정함
- 조사 표본 검토
  - 화물자동차의 유형별 통행거리에 따른 통행빈도 분포를 검토하기 위하여 활용한 표본수는 총 3,134개이며, 본 절에서 활용한 비영업용 화물자동차의 표본수는 1,952대임

<표 1> 광주광역시 화물자동차 유형별 조사 표본수

단위: 대

구분		비영업용	영업용	합계
톤급	소소형(1톤 이하)	1,347 (264)	356	1,703
	소형(1톤 초과-2.5톤 미만)	25	5	30
	중형(2.5톤 이상-8.5톤 이하)	723	173	896
	대형(8.5톤 초과)	121	648	769
합계		2,216	1,182	3,398

\* ()는 2016년 여객통행실태조사에서 소형화물차량의 통행자료 수

○ 통행저항함수 추정

- 상세업종별 통행거리에 따른 통행빈도 분포를 바탕으로 품목별 통행저항함수 형태를 추정하며, 본 절에서 검토한 통행저항함수 형태는 다음과 같음

<표 2> 통행저항함수 형태

모형	방정식	선형화된 방정식
역지수모형	$f(c_{ij}) = \alpha \exp(-\beta c_{ij})$	$\ln(f(c_{ij})) = \ln(\alpha) - \beta c_{ij}$
역멱모형	$f(c_{ij}) = \alpha c_{ij}^{-\beta}$	$\ln(f(c_{ij})) = \ln(\alpha) - \beta \ln(c_{ij})$
역지수&역멱모형	$f(c_{ij}) = \alpha c_{ij}^{-\beta} \exp(-\gamma c_{ij})$	$\ln(f(c_{ij})) = \ln(\alpha) - \beta \ln(c_{ij}) - \gamma c_{ij}$

주 :  $f(c_{ij})$ 는 통행저항함수,  $c_{ij}$ 는 존간 통행거리를 의미함

- 화물자동차 유형별 통행저항함수를 분석한 결과, 모든 유형의 통행저항함수 형태는 역멱함수 형태의 설명력이 가장 우수한 것으로 나타남

<표 3> 광주광역시 비영업용 화물자동차 통행저항함수(역멱함수) 적합 결과 및 계수

구분		R <sup>2</sup>	계수	
			$\alpha$	$\beta$
비영업용	소형	0.732	9.95181	0.94140
	중대형	0.609	9.79665	0.85694

○ 주행거리를 활용한 모형 검증

- 통행저항함수계수를 통해 나온 통행분포 결과와 실제 조사자료의 주행거리 검증을 통해 모형의 적정성을 검증해 볼 수 있음

2) 영업용 중·대형 화물자동차의 광주광역시 광역권 내 통행특성분석

- 기존의 영업용 화물자동차의 통행분포는 비영업용 화물자동차와 마찬가지로 조사자료의 통행정보를 활용하여 통행저항함수 계수를 추정하였음
- 본 과업에서는 기존과 다르게 교통안전공단에서 영업용 화물자동차에 부착된 영업용 운행기록계 자료를 활용하여 통행정보를 분석하고 통행분포 비율을 확인하였음
- 특히 광주광역시의 내부통행자료만을 추출하고 이에 대한 궤적정보를 통행기준에 맞게 OD통행으로 전환하여 차량별 기종점통행량을 구축하였음

- 통행기준에 맞게 궤적정보를 구분하는 과정은 3장에서 다룰 예정임
- 광주광역시 시군구별 광역권 내 통행분포
  - 기존의 영업용화물자동차 운행기록자료를 이용하여 광주광역시의 기종점통행량(OD)을 시군구 범위기준으로 구축하였음
  - 자료기간은 2017년 10월 16일~20일 주중 5일간의 자료를 대상으로 하였음
  - 전체 8,639통행 중 2,910대가 통행한 것으로 나타났으며 주중 평균 3.0 통행을 하는 것으로 나타났음
- 일자별 존내 통행 현황
  - 일자별 광주광역시의 시군구별 내부 통행 분포는 아래와 같음
  - 총 9253통행으로 가장 통행이 많은 요일은 월요일로 1,878통행으로 분석되었음

<표 4> 영업용화물자동차 주행거리기록계 자료의 광주광역시 시군구별 내부통행 비율

시군구	동구	서구	남구	북구	광산구	주중 총계
동구	0.17	0.17	0.16	0.31	0.50	1.32
서구	0.19	7.54	0.54	2.45	9.16	19.87
남구	0.20	0.32	0.54	0.41	0.75	2.22
북구	0.41	2.51	0.51	4.95	7.06	15.44
광산구	0.41	8.75	0.47	7.04	44.47	61.14
주중 총계	1.37	19.30	2.23	15.16	61.94	100.00

○ 읍면동 기준 광주광역시 내부통행량의 발생량 및 도착량

- 발생량이 가장 높은 곳은 광주광역시 서구 내방동으로 10.93%이며 도착량은 광산구 오선동이 10.87%로 가장 높게 나타났음

<표 5> 광주광역시 읍면동 기준 발생/도착량 및 발생/도착비율

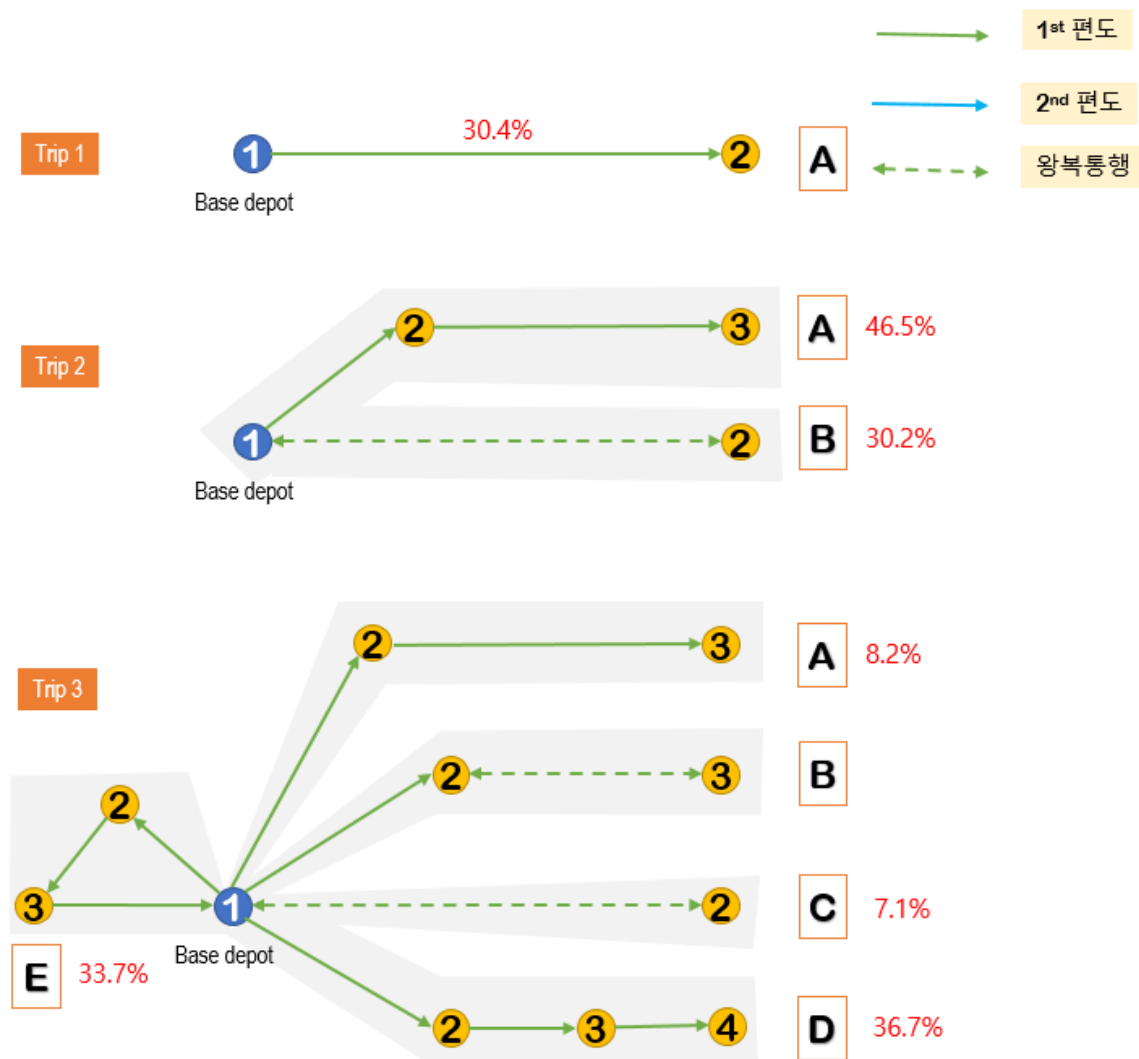
읍면동	발생량	발생비율	읍면동	도착량	도착비율
광주광역시_서구_내방동	1022	10.93	광주광역시_광산구_오선동	1017	10.87
광주광역시_광산구_오선동	982	10.50	광주광역시_서구_내방동	986	10.54
광주광역시_광산구_하남동	712	7.61	광주광역시_광산구_하남동	686	7.33
광주광역시_광산구_도천동	543	5.81	광주광역시_광산구_장덕동	578	6.18
광주광역시_광산구_장덕동	538	5.75	광주광역시_광산구_도천동	559	5.98
광주광역시_광산구_소촌동	475	5.08	광주광역시_광산구_옥동	453	4.84
광주광역시_광산구_옥동	452	4.83	광주광역시_광산구_소촌동	445	4.76
광주광역시_광산구_안청동	345	3.69	광주광역시_광산구_안청동	334	3.57
광주광역시_북구_월출동	255	2.73	광주광역시_북구_월출동	262	2.80
광주광역시_서구_매월동	231	2.47	광주광역시_광산구_월전동	231	2.47
광주광역시_광산구_월전동	229	2.45	광주광역시_광산구_운수동	228	2.44
광주광역시_북구_양산동	202	2.16	광주광역시_북구_연제동	222	2.37
광주광역시_서구_쌍촌동	182	1.95	광주광역시_서구_쌍촌동	207	2.21
광주광역시_광산구_용동	178	1.90	광주광역시_서구_매월동	196	2.10
광주광역시_북구_연제동	174	1.86	광주광역시_북구_양산동	182	1.95
광주광역시_광산구_운수동	166	1.77	광주광역시_광산구_용동	180	1.92
광주광역시_북구_일곡동	129	1.38	광주광역시_북구_일곡동	127	1.36
광주광역시_광산구_우산동	118	1.26	광주광역시_광산구_송정동	105	1.12
광주광역시_광산구_신창동	91	0.97	광주광역시_광산구_우산동	104	1.11
광주광역시_광산구_월계동	70	0.75	광주광역시_광산구_신창동	80	0.86
광주광역시_광산구_송정동	68	0.73	광주광역시_광산구_월계동	71	0.76
광주광역시_북구_문흥동	63	0.67	광주광역시_광산구_신가동	61	0.65
광주광역시_북구_오룡동	61	0.65	광주광역시_서구_풍암동	60	0.64
광주광역시_광산구_신가동	61	0.65	광주광역시_북구_오룡동	60	0.64
광주광역시_광산구_진곡동	59	0.63	광주광역시_광산구_비아동	59	0.63
광주광역시_서구_풍암동	58	0.62	광주광역시_북구_대촌동	56	0.60
광주광역시_광산구_산정동	55	0.59	광주광역시_북구_문흥동	51	0.55
광주광역시_광산구_비아동	54	0.58	광주광역시_서구_치평동	48	0.51
광주광역시_북구_용봉동	53	0.57	광주광역시_북구_용봉동	48	0.51
광주광역시_남구_송하동	52	0.56	광주광역시_북구_각화동	48	0.51

○ 광주광역시 중대형 화물자동차 트립체인 분석결과

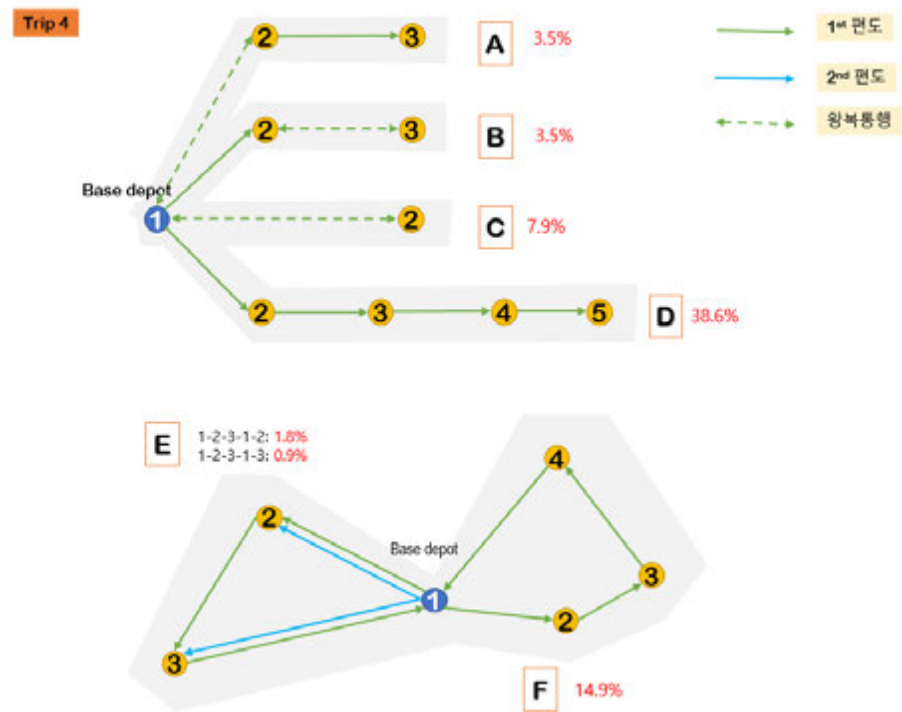
- 광주광역시 내에서 차량기준의 통행특성을 확인하기 위하여 트립체인을 분석하였음
- 2017년 10월 18일 수요일 자료를 기준으로 차량별 각 통행별 패턴을 구분하고 통행수에 따라 분석한 결과는 아래와 같음
- 1일 기준 1회 통행을 하는 비중이 46.3%로 가장 높았으며, 그 다음으로 2회 통행이 18.8%로 높았음

<표 6> 광주광역시 중대형 화물자동차의 총 통행별 통행량 및 통행비율

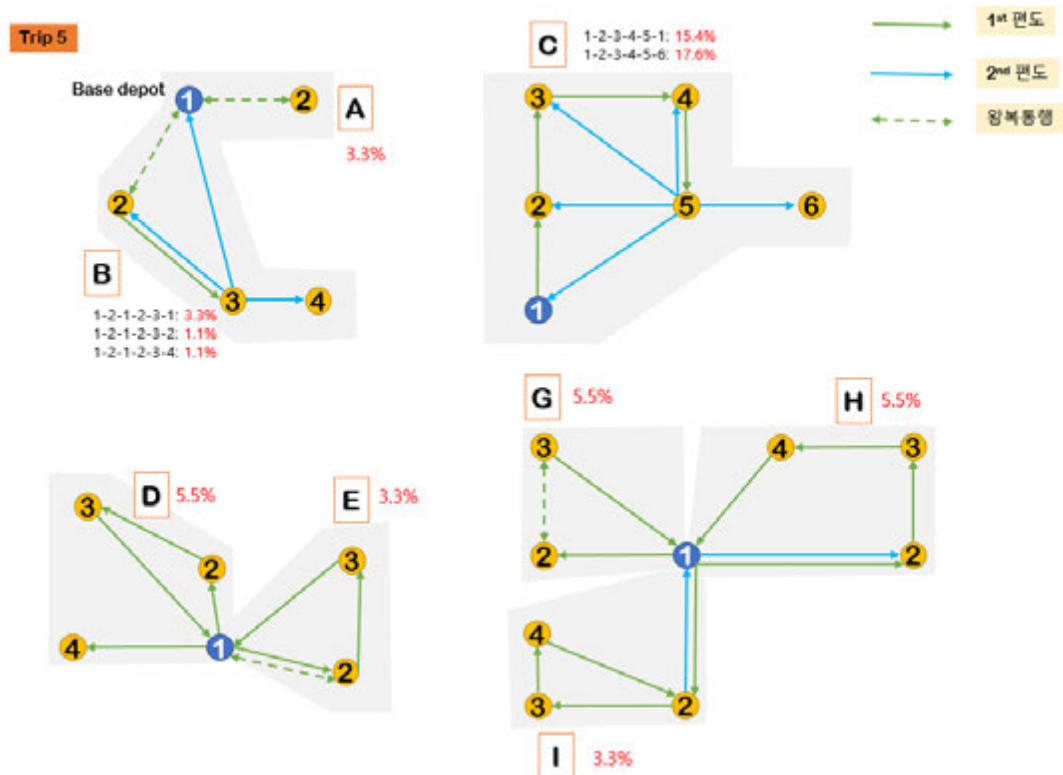
총 통행(통행)	통행량(대/일)	비율(%)	누적율(%)
1	266	46.3	46.3
2	108	18.8	65.0
3	61	10.6	75.7
4	33	5.7	81.4
5	29	5.0	86.4
6	19	3.3	89.7
7	9	1.6	91.3
8	6	1.0	92.3
9	7	1.2	93.6
10	6	1.0	94.6
11	8	1.4	96.0
12	4	0.7	96.7
13	8	1.4	98.1
14	1	0.2	98.3
15	1	0.2	98.4
16	4	0.7	99.1
17	0	-	99.1
18	2	0.3	99.5
19	0	-	99.5
20통행 이상	3	0.5	99.8
합계	575	100.0	100.0



<그림 4> 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 광역권 내 트립체인 유형(1통행 ~3통행)



<그림 5> 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 광역권 내 트립체인 유형(4통행)



<그림 6> 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 광역권 내 주요 통행패턴(5통행)

### 3. 영업용 화물자동차운행기록 자료를 이용한 기종점통행량 구축 방안

#### 가. 연구의 개요

##### 1) 연구의 배경 및 범위

###### ① 연구의 배경

- 한국교통안전공단에서는 영업용화물차 운행기록계 (Digital Tachograph, DTG)를 장착하여 주기적으로 화물차의 통행정보를 수집하고 있음
- 현재 수집된 DTG 데이터는 보관에 용이한 형태로 저장 되어 있어서, 이를 사용하기 위해서는 데이터의 별도 가공이 필요함
- 본 연구에서는 DTG 원시자료구조를 이해하고, 효율적으로 처리하는 방법론을 정립하여 가공된 결과물을 바탕으로 통계적 상세분석과 화물차의 통행특성을 분석함

###### ② 연구의 범위

- 시간적 범위
  - 2017년 10월 16일 ~ 22일
- 공간적 범위
  - 제주도를 포함한 전국을 대상으로 함

##### 2) 연구의 내용

###### ① 자료구조

- 월별 영업용화물자동차 운행기록자료의 파일 시스템 구조를 분석
- 각 자료의 주요 항목을 구분하여 코드 매칭 및 분석

###### ② 기초 분석

- 자료의 전처리를 진행하기 전에 전체적인 영업용화물자동차 운행기록자료의 특성을 파악



하기 위해 원시자료의 주요 항목에 대한 통계적 분석을 진행함

- 영업용화물자동차 운행기록자료의 화물자동차 정보를 통해 유형별, 속도별, 시간대 분포분석

### ③ 전처리과정

- 전처리에 필요한 다양한 기법들에 대한 개념을 정의하고 이를 구현하는 방법 연구
- 자료를 통계적 분석에 사용할 수 있도록 전처리하는 기법 연구
- 개발된 전처리 소프트웨어를 바탕으로 로그 자료에 대한 기본적인 통계 자료 추출
- 영업용화물자동차 운행기록자료 분석 및 폴리곤 생성, 맵매칭에서 발생하는 유형별 오류를 구분하고 해결방안 제시

### ④ 분석 방법론 정립

- 통행기준을 위한 정차시간 및 이동거리 분포 확인하여 통행 추출 알고리즘 개발
- 슬라이딩 윈도우 기법을 활용한 통행정의 설정
- 휴게소, 졸음쉼터 등의 중간 정차 통행추출을 위한 폴리곤 정의 및 생성

### ⑤ 통행특성 분석

- 총 통행수 및 지역별 발생량 및 도착량 분석
- 영업용 화물자동차의 지역별 기종점통행량 구축결과
- 1일 및 1주일 통행 분석
- 트립체인 분석결과

### ⑥ 영업용 화물자동차 물류거점 유형별 통행특성 분석

- 전국의 물류거점 유형을 구분하여 화물자동차의 현황 및 자료 추출
- 물류거점별 발생량 및 도착량 분석
- 물류거점 시도별 시군구별 통행량 분포 분석
- 영업용화물자동차 운행기록자료를 활용한 고속도로 휴게소 이용패턴 분석

## 나. 자료구조 분석

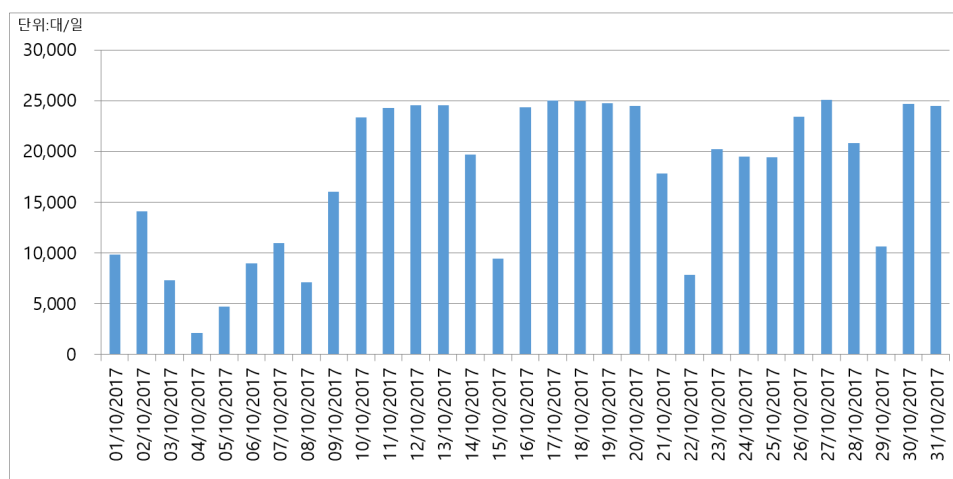
- 2017년 10월 한달간의 DTG 자료는 특정 차량의 디지털 운행기록계(DTG) 장치에서 발생하는 로그 자료가 초 단위로 순차 TEST로 기록되어 있음
  - 초 단위 기록 데이터: 8.75 백억 줄
  - 고유한 자동차 등록 번호 개수: 132,979 대
  - 20개의 항목으로 구성됨

<표 7> 디지털 운행기록계(DTG) 원시자료구조

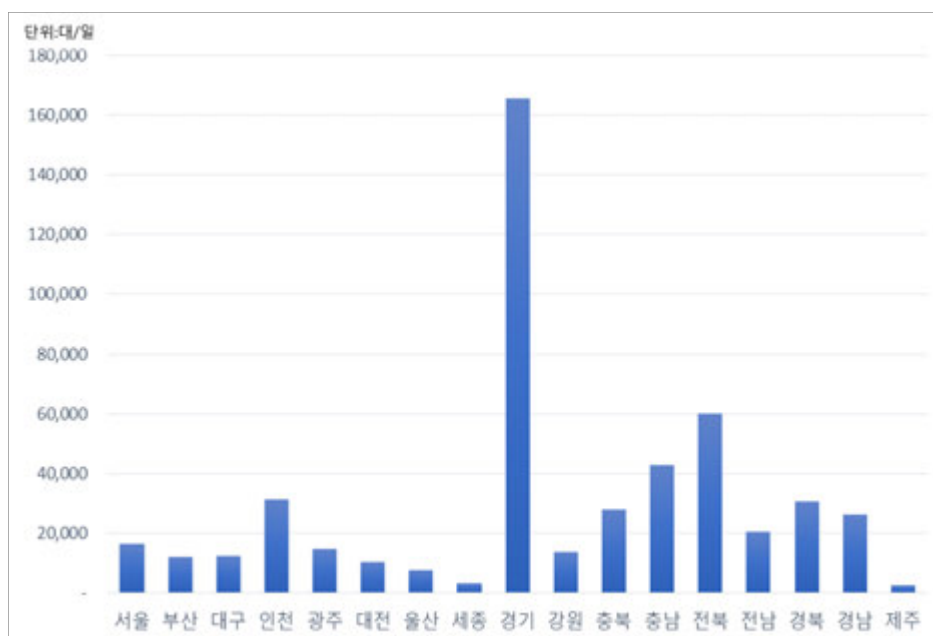
항목	설명	예시
trip_key	키	C-125901568017101206094700
dtg_model	운행기록장치 모델명	XDT1000
car_vin	차대번호	XXXXXX301795
car_type	자동차 유형	11
car_no	자동차 등록번호	-1259015680
trans_reg_no	운송사업자 등록번호	XXXXX47349
driver_code	운전자 코드	0000001
tachmeter_day	일일 주행거리	0000
tachmeter	누적 주행거리	0268897
speed	차량 속도	000
rpm	10분당 엔진회전수	0393
break_on	브레이크 신호	0
x	차량위치 X	127075626
y	차량위치 Y	037052681
azimuth	GIS 방위각	000
vx	가속도 Vx	+001.0
vy	가속도 Vy	+001.0
status	통신상태코드	11
region_code	운행지역코드	41
datetime	정보 발생 일시	17101206094700

## 다. 기초자료 분석

- DTG 자료에 기록되어 있는 자동차 기록 중 전체 차량 규모를 파악하고, 유형별 비중을 분석함
  - 영업용 화물차에 해당하는 31(일반화물) 및 32(개별화물)는 전체 차량 중 24%를 차지함
- 주중과 주말의 운행특성으로 구분되어 나타나며 지역별로 보면 경기지역이 가장 많은 차량이 운행되는 것으로 나타났으며 그 다음으로 전북, 충남, 충북 등의 순으로 분석되었음



<그림 7> 2017년 10월 일자별 운행 차량 대수



<그림 8> 2017년 10월 지역별 운행차량 대수

## 라. 전처리 과정 구축

### 1) 전처리의 필요성

- 영업용화물자동차 운행기록자료는 시간 순서대로 텍스트 파일 형태로 기록되어 있음
- 이를 처리하기 위해서는 순차적으로 데이터를 처리해야 하며 이는 비효율적임
- 월별 DTG tar 파일 하나는 압축된 형태이며, 그 크기는 1.1 테라바이트 (Terabyte)<sup>1)</sup> 임
  - 기본적인 통계 분석을 하기 위해서는 하나의 파일 데이터 전체를 컴퓨터의 메모리에 넣을 수 있어야 하지만, 일반적으로 사용되는 컴퓨터 환경에서는 메모리 공간의 한계로 인하여 테라바이트가 넘는 양의 정보를 컴퓨터의 메모리에 넣을 수 없음

### 2) 이상치 제거

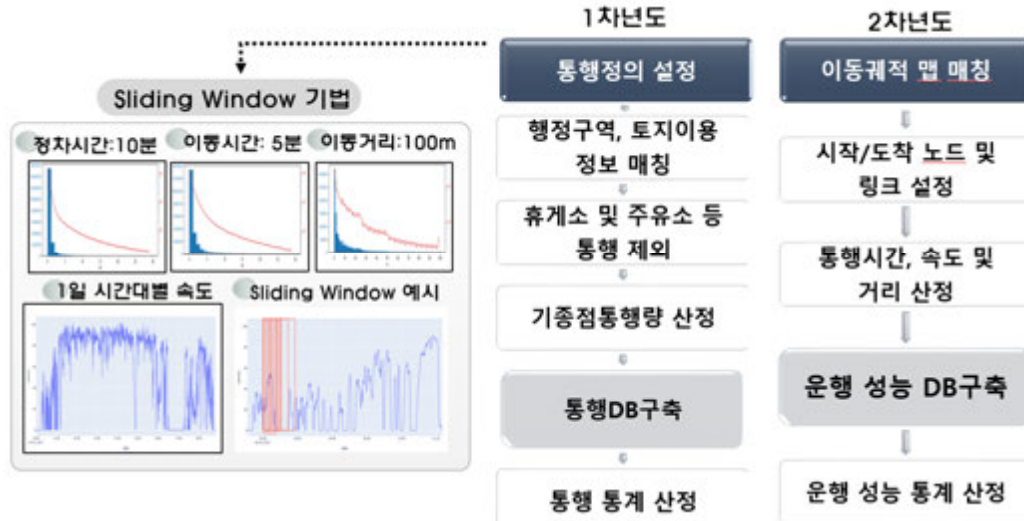
- GPS 궤적에 노이즈가 있는 경우에는 무작위적인 노이즈(Gaussian 노이즈 등)가 원인인 경우와 작위적인 경향의 노이즈로 구분하여 알고리즘을 보정함
- 궤적이 심하게 튀는 경우나 gps 오류의 경우 기록을 확인하여 제거하거나 맵매칭 알고리즘을 적용함

## 마. 분석 방법론 정립

### 1) 영업용화물자동차 운행기록 통행 분석방법론

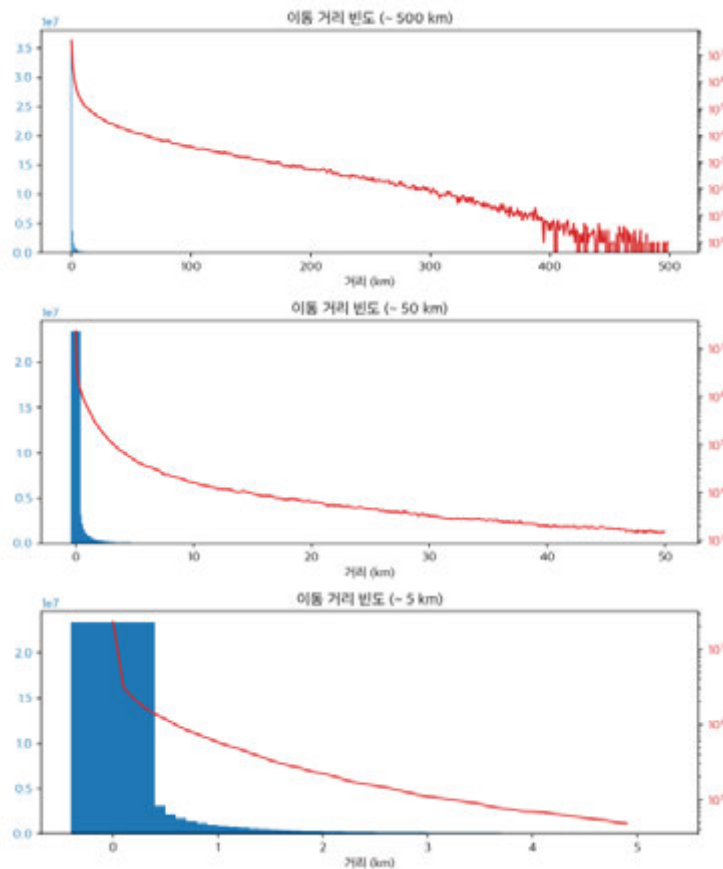
- 슬라이딩 윈도우 기법 (Sliding Window Algorithm)은 규모가 큰 버퍼나 배열이 주어진 경우, 한정된 크기의 창(窓) 안에서 자료를 선택하여 작업할 필요가 있을 때 사용됨 (Jacobsen (2003), Aggarwal (2007) 참조)
- 우선 초 단위의 영업용화물자동차 운행기록자료를 통행으로 구분하기 이전에 이동 및 정차에 대한 기준이 필요하기 때문에 먼저 자료의 정차시간 및 이동거리, 이동시간 등의 분포를 확인하여 자료의 통행을 설정함
- 통행을 구분한 다음에는 통행 알고리즘을 구축하여 각 차량의 통행을 추출함
- 이후 휴게소 및 주유소 등의 중간 정차 시설물에 대한 통행들을 확인하고 통행이라고 볼 수 없는 이상치들을 확인하여 최종적으로 기종점통행량을 분석하도록 함

<sup>1)</sup> 컴퓨터 데이터 자료량 단위. 1 테라바이트 = 1,024 기가바이트 = 1,048,576 메가바이트



<그림 9> 영업용화물자동차 운행기록자료를 활용한 기종점통행량 구축방안

- 자료의 이동거리 및 통행시간 분포를 분석한 결과 최소의 이동 거리를 50m 또는 100m로 설정하였고, 각각의 최소 이동 거리에 따라 통계적 분석을 진행함



<그림 10> 이동 거리 빈도 (단위 km)

- 중간 정차가 예상되는 도로변 시설물 (휴게소, 주유소, 졸음쉼터 등)을 GIS 상에 폴리곤 등의 형태로 지오메트리(geometry)를 만드는 작업
- 생성된 지오메트리를 이용하여 중간 정차에 따른 분리된 통행을 검출하여 하나의 통행으로 합치는 기능을 구현할 수 있음
- DTG의 통행 추출 방법은 자동차의 움직임과 정지 상황을 정확하게 판단하여 통행을 추출할 수 있지만, 운전자의 휴식이나 주유 등의 이유로 정차하는 상황은 고려할 수 없음
- 따라서 중간 정차가 자주 일어나는 지점의 좌표를 미리 알고 이 좌표에서 통행의 도착과 다음 통행의 출발이 발생할 경우, 중간 정차로 판단을 하고 두 개의 통행을 하나의 통행으로 줄이는 작업을 수행함

## 2) 통행 추출 방법론 개발

- 통행 추출이란 일정 시간 간격으로 시계열의 속도 자료가 있을 때, 차량의 이동 여부를 판단하여, 차량의 출발 시각과 도착 시각을 찾아내는 과정임
- 이때, 슬라이딩 윈도우 기법을 이용함으로써 특정 시간 동안 차량이 이동한 거리를 계산하여 효율적으로 통행 추출 작업을 수행할 수 있음
- 시간순으로 정렬된 영업용화물자동차 운행기록자료에서 시간 축의 값이 증가함에 따라 슬라이딩 윈도우를 이동하며 해당 슬라이딩 윈도우의 범위 내에서 움직임이 있는지의 여부를 판단

## 3) 휴게소 및 주유소 등 중간정차 시설물 폴리곤 정의 및 통행제외

- 중간 정차가 예상되는 도로변 시설물 (휴게소, 주유소, 졸음쉼터 등)을 GIS 상에 폴리곤 등의 형태로 지오메트리(geometry)를 만드는 작업
- 영업용화물자동차 운행기록의 통행 추출 방법은 자동차의 움직임과 정지 상황을 정확하게 판단하여 통행을 추출할 수 있지만, 운전자의 휴식이나 주유 등의 이유로 정차하는 상황은 고려할 수 없음
- 따라서 중간 정차가 자주 일어나는 지점의 좌표를 미리 알고 이 좌표에서 통행의 도착과 다음 통행의 출발이 발생할 경우, 중간 정차로 판단을 하고 두 개의 통행을 하나의 통행으로 줄이는 작업을 수행함

## 바. 통행특성 분석

### 1) 운행특성 분석

- 2017년 10월 18일(수) 기준으로 통행 추출 알고리즘을 통해 24,722대 영업용 화물차의 122,689통행 자료를 추출하였으며, 중간정차(주유소, 휴게소, 주차장 등) 통행을 연결하고 읍면동 내부통행을 제외한 통행 중에서 20,029대(68,318통행)에 대한 통행 분석을 수행함
- 최종분석 평균 통행수는 3.4통행/대로 2017년 전국 화물통행실태조사의 영업용 화물자동차 평균 통행수 2.9통행/대와 유사한 수준으로 나타남

<표 8> 영업용화물자동차 운행기록의 통행 추출 결과

구분	차량대수	총 통행수	평균 통행수
통행 추출 알고리즘	24,722	122,689	5.0
중간정차 통행 연결	22,061	87,199	4.0
읍면동 내부통행 제외	20,549	72,304	3.5
최종분석	20,029	68,318	3.4

- 영업용 화물차 발생량 및 도착량은 경기도가 37.5%로 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 나타남
- 서울, 울산, 경기, 강원, 충북, 전남, 세종 지역은 도착량 대비 발생량이 많은 것으로 나타남

&lt;표 9&gt; 영업용화물자동차 운행기록자료의 통행 발생량 및 도착량

단위: 회/일, %

구분	발생량		도착량	
서울특별시	3,667	(5.4)	3,554	(5.2)
부산광역시	2,049	(3.0)	2,049	(3.0)
대구광역시	1,240	(1.8)	1,251	(1.8)
인천광역시	4,805	(7.0)	4,854	(7.1)
광주광역시	2,189	(3.2)	2,202	(3.2)
대전광역시	1,397	(2.0)	1,477	(2.2)
울산광역시	1,689	(2.5)	1,613	(2.4)
경기도	25,646	(37.5)	25,607	(37.5)
강원도	1,847	(2.7)	1,738	(2.5)
충청북도	3,636	(5.3)	3,630	(5.3)
충청남도	6,637	(9.7)	6,731	(9.9)
전라북도	2,813	(4.1)	2,844	(4.2)
전라남도	2,758	(4.0)	2,740	(4.0)
경상북도	3,651	(5.3)	3,714	(5.4)
경상남도	3,439	(5.0)	3,480	(5.1)
제주특별자치도	268	(0.4)	268	(0.4)
세종특별자치시	587	(0.9)	566	(0.8)
전국	68,318	(100.0)	68,318	(100.0)

- 영업용 화물차는 일평균 약 5시간 36분(335.9분), 161.7km를 운행하는 것으로 나타났다, 차량 1대당 약 3.4통행하는 것으로 나타남

&lt;표 10&gt; 영업용화물자동차 운행기록자료의 일평균 통행특성

구분	평균 통행시간(분)	평균 통행거리(km)	평균 통행수
서울특별시	332.2	120.8	3.6
부산광역시	358.0	169.2	3.3
대구광역시	342.0	177.0	3.2
인천광역시	329.1	128.0	3.4
광주광역시	354.5	195.8	3.9
대전광역시	368.6	202.7	3.8
울산광역시	354.9	188.6	3.2
경기도	323.7	140.0	3.6
강원도	343.3	190.0	3.0
충청북도	352.0	195.6	3.3
충청남도	325.7	170.3	3.6
전라북도	355.5	187.3	3.1
전라남도	341.4	187.1	2.9
경상북도	350.0	191.8	3.1
경상남도	350.4	187.2	3.2
제주특별자치도	172.8	75.9	2.8
세종특별자치시	364.9	161.7	3.4
전국	335.9	161.6	3.4



## 2) 일주일 통행분석

- 영업용 화물차 주중 통행은 오전/오후 첨두시간이 나타나지만, 주말 통행은 오전 첨두 시간만 나타남



<그림 11> 영업용 화물차의 주중/주말 시간대별 통행특성 비교

- 주중과 주말의 영업용 화물차 일평균 통행특성을 비교한 결과, 주말이 주중의 평균 통행시간 70.6%, 평균 통행거리 73.5%, 평균 통행수 73.7% 수준인 것으로 나타남
- 주중과 주말의 영업용 화물차 통행거리를 비교한 결과, 주중에는 장거리 통행 비율이 높고, 주말에는 단거리 통행 비율이 높은 것으로 나타남

<표 11> 영업용화물자동차 운행기록자료의 주중/주말 일평균 통행특성 비교

구분	평균 통행시간(분)	평균 통행거리(km)	평균 통행수
월	338.0	167.3	3.4
화	339.5	165.1	3.5
수	335.9	161.6	3.4
목	334.5	163.3	3.4
금	325.3	157.5	3.4
토	241.0	114.6	2.7
일	231.4	125.1	2.3
주중	334.6	163.0	3.4
주말	236.2	119.8	2.5
주말/주중(%)	70.6	73.5	73.7

### 3) 트립체인 분석결과

#### ① 사용 데이터 및 필터링 방법

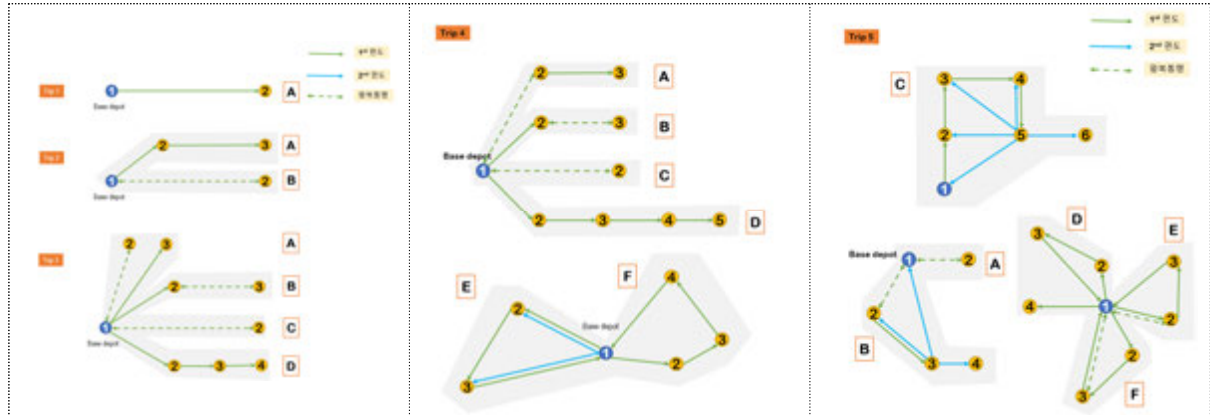
- 최소 이동 거리 100 m, 최소 이동 시간 10분
- 휴게소, 주유소 (교통연구원자료) GIS 데이터를 이용하여 통행을 합함
- 읍면동 통행 제외를 하지 않음 (같은 읍면동 통행도 모두 포함되어 있음)
- 그래프의 노드의 크기는 반경 200 m (출발, 도착 지점에 반경 200 미터의 원을 그리  
고 겹치는 부분을 같은 노드로 분류함)

#### ② 통행량 및 유형분석

- 2017년 10월 18일 수요일 자료를 기준으로 차량별 각 통행별 패턴을 구분하고 통행수  
에 따라 분석한 결과는 아래와 같음

**<표 12> 영업용화물자동차 운행기록자료의 1일기준 총통행수 및 통행량**

총 통행수	통행량	비율	누적율
1	13,234	57.5	57.5
2	1,761	7.7	65.19
3	1,987	8.6	73.83
4	1,747	7.6	81.42
5	1,561	6.8	88.21
6	1,035	4.5	92.71
7	713	3.1	95.81
8	406	1.8	97.57
9	208	0.9	98.48
10	129	0.6	99.04
11	74	0.3	99.36
12	50	0.2	99.58
13	31	0.1	99.71
14	24	0.1	99.82
15	9	0.0	99.86
16	3	0.0	99.87
17	7	0.0	99.90
18	6	0.0	99.93
19	3	0.0	99.94
20통행 이상	14	0.0	100.00
합계	23,002	100.0	-



<그림 12> 통행별 트립체인 유형

#### 사. 영업용 화물자동차 물류거점 유형별 통행특성 분석

##### 1) 물류거점별 분석

- 전국의 물류거점을 총 11가지 유형으로 분류하여 현황을 조사한 결과 아래와 같음
- 물류거점의 수는 총 270개로 거점간 pair수는 3,325개로 분석되었음
- 자료 기간은 2017년 10월 18일 오전 6시부터 2017년 10월 19일 오전 6시 이전까지의 통행만 고려하였음

<표 13> 물류거점별 현황 및 거점간 표본수

		물류거점 수	거점간 pair 수
항만배후단지		5	163
공항물류단지		2	56
내륙물류기지	IFT	5	172
	ICD	2	31
물류단지		18	455
일반물류터미널		34	684
철도역		83	741
공항		15	107
농수산물시장		47	596
무역항		31	273
연안항		28	47
합계		270	3,325

- 발생량 및 도착량 비중이 높은 물류거점은 기타를 제외하고 일반물류터미널이 가장 높았으며, 그 다음으로 철도역, 농수산물시장, 물류단지 순으로 나타났다

&lt;표 14&gt; 물류거점 발생/도착량 및 발생/도착비율

	발생량		도착량	
	통행량	비율	통행량	비율
공항	485	1.7	465	1.6
공항물류단지	558	2.0	574	2.0
내륙물류기지(ICD)	174	0.6	186	0.7
내륙물류기지(IFT)	1,569	5.6	1,728	6.1
농수산물시장	4,211	15.1	4,187	14.8
무역항	2,004	7.2	2,039	7.2
물류단지	3,989	14.3	3,960	14.0
연안항	90	0.3	92	0.3
일반물류터미널	7,221	26.0	7,326	25.9
철도역	5,033	18.1	5,082	18.0
항만배후단지	2,490	8.9	2,650	9.4
총합계	27,824	100.0	28,289	100.0

- 단, 통행의 출발과 도착이 같은 물류거점에서 일어나는 경우는 제외함 (예: “광양항만 배후단지”에서 출발하고 같은 단지에 도착하는 통행은 제외)
- 여러 개의 물류거점이 위의 3km 원형 폴리곤 반경에 겹치는 경우, 겹치는 물류거점을 모두 고려함

&lt;표 15&gt; 물류거점별 통행 O/D 분포(기타유형 포함)

도착지 출발지	공항	공항물류단지	ICD	IFT	농수산물시장	무역항	물류단지	연안항	일반물류터미널	철도역	항만배후단지	기타	합계
공항	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.6
공항물류단지	0.0	0.3	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7
ICD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
IFT	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.9	1.8
농수산물시장	0.0	0.0	0.0	0.1	1.0	0.1	0.2	0.0	0.4	0.2	0.1	2.7	4.9
무역항	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	1.2	2.4
물류단지	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	1.0	0.0	0.4	0.2	0.1	2.7	4.6
연안항	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
일반물류터미널	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.2	0.4	-	2.5	0.4	0.3	4.1	8.4
철도역	0.1	-	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.4	2.0	0.1	2.7	5.9
항만배후단지	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	-	0.3	0.1	1.1	1.0	2.9
기타	0.3	0.2	0.1	1.0	2.7	1.2	2.7	0.1	4.2	2.8	1.2	50.9	67.4
합계	0.5	0.7	0.2	2.0	4.9	2.4	4.6	0.1	8.5	6.0	3.1	66.8	100.0

## 2) 영업용화물자동차 운행기록자료를 활용한 고속도로 휴게소 이용패턴 분석

- 2017년 10월 16일(월요일)부터 23일(월요일)까지의 화물차 운전자 휴게소 이용 자료 25,452개를 바탕으로 분석을 진행함
- 고속도로 휴게소 이용데이터를 통해 공간적 시간적인 분석을 수행하였음
- 휴게소 진·출입 자료를 바탕으로 시간대별 체류시간 비율 및 이용 비율 분석함

<표 16> 고속도로 휴게소 현황

	화물차 전용 휴게소		일반 휴게소	
	휴게소 (개)	비율 (%)	휴게소 (개)	비율 (%)
전국	19	9.1	189	90.9
상행	9	8.9	92	91.1
하행	10	9.3	97	90.7

<표 17> 고속도로 휴게소관련 자료 수집현황

	화물차 전용 휴게소		일반 휴게소	
	휴게소 (개)	비율 (%)	휴게소 (개)	비율 (%)
전국	3,537	13.9	21,915	86.1
상행	1,733	14.5	10,238	85.5
하행	1,804	13.4	11,677	86.6

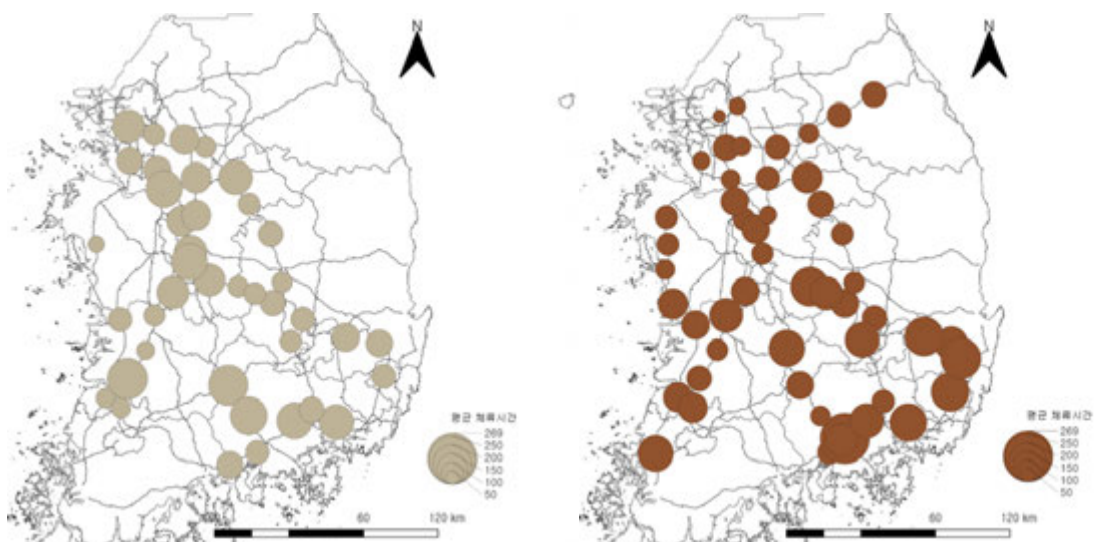


<그림 13> 고속도로 휴게소별 데이터 분포

- 화물차의 경우 고속도로 심야 시간대 이용 비율에 따른 요금할인이 있음
  - 이용 비율에 따라 30~50%의 요금할인을 받을 수 있는 제도로 화물차 운전자의 심야 운행 활성화를 목적으로 하며, 심야 할인 제도 활용을 위해 심야시간에 휴게소에서 휴식 및 수면을 취하는 화물운전자도 존재함
- 화물차 운전자들은 약 78분 정도 쉬는 것으로 나타남
- 심야시간(134분)은 비심야시간(56분)보다 2배 이상 오래 쉬
- 휴게소에 따라 체류시간의 차이를 보임
  - 화물휴게소의 체류시간(86분)이 일반휴게소의 체류시간(77분)보다 더 높음
  - 일반휴게소의 경우 30분 이하로 쉬는 비율(50.4%)이 절반 이상을 차지함

<표 18> 고속도로 휴게소별 평균 이용시간 (단위:분)

		화물차 전용휴게소	일반휴게소	전체
전국		86	77	78
노선별	상행	82	76	77
	하행	90	77	79
시간대별	심야	143	133	134
	비심야	63	55	56



<그림 14> 주요노선 심야시간 상하행 휴게소 평균 이용시간

#### 4. 빅데이터 활용 화물 기종점통행량 구축 체계 전환 방안 수립

##### 가. 화물통행실태조사와 빅데이터의 역할 및 상호대체·보완 방안 검토

##### 1) 기존문헌 고찰

- ① Comparing GPS and non-GPS survey methods for collecting urban goods and service movements, McCabe, S., Kwan, H., & Roorda, M. J. (2013).
  - 캐나다의 600개 화주를 대상으로 e-mail조사와 GPS 조사를 병행한 결과를 비교 분석함
  - 7일간 43명의 조사결과를 바탕으로 GPS 조사의 위치정보를 통해 설문조사 결과를 보완할 수 있음을 규명함

TABLE 2. Summary of Stops Recorded by Paper-Pencil Survey and GPS Device.

	GPS Device <sup>1</sup>			Paper-Pencil Survey			Combined Information		
	Total	Avg. stops per driver/ vehicle	%	Total Stops	Avg. stops per driver/ vehicle	%	Total Stops	Avg. stops per driver/ vehicle	%
<b>Survey day<sup>2</sup></b>									
Total number of stops on survey day	333	9.00	100%	435	11.76	100%	602	16.27	100%
Total number of matched stops on survey day	166	4.49	50%	166	4.49	38%	166	4.49	28%
Total number of unmatched stops on survey day	167	4.51	50%	269	7.27	62%	436	11.78	72%
Total number of stops > 5 min	333	9.00	100%	334	9.03	100%	501	13.54	100%
Total number of matched stops > 5 min	166	4.49	50%	166	4.49	50%	166	4.49	33%
Total number of unmatched stops > 5 min	167	4.51	50%	168	4.54	50%	335	9.05	67%
<b>Common time frame<sup>3</sup></b>									
Total number of stops in common time frame	234	7.09	100%	241	7.30	100%	309	9.36	100%
Total number of matched stops in common time frame	166	5.03	71%	166	5.03	69%	166	5.03	54%
Number of unmatched stops in common time frame	68	2.06	29%	75	2.27	31%	143	4.33	46%
Total number of stops > 5 min	234	7.09	100%	195	5.91	100%	263	7.97	100%
Total number of matched stops > 5 min	166	5.03	71%	166	5.03	85%	166	5.03	63%
Total number of unmatched stops > 5 min	68	2.06	29%	29	0.88	15%	97	2.94	37%

1. In the GPS survey, only stops > 5 minutes are recorded.

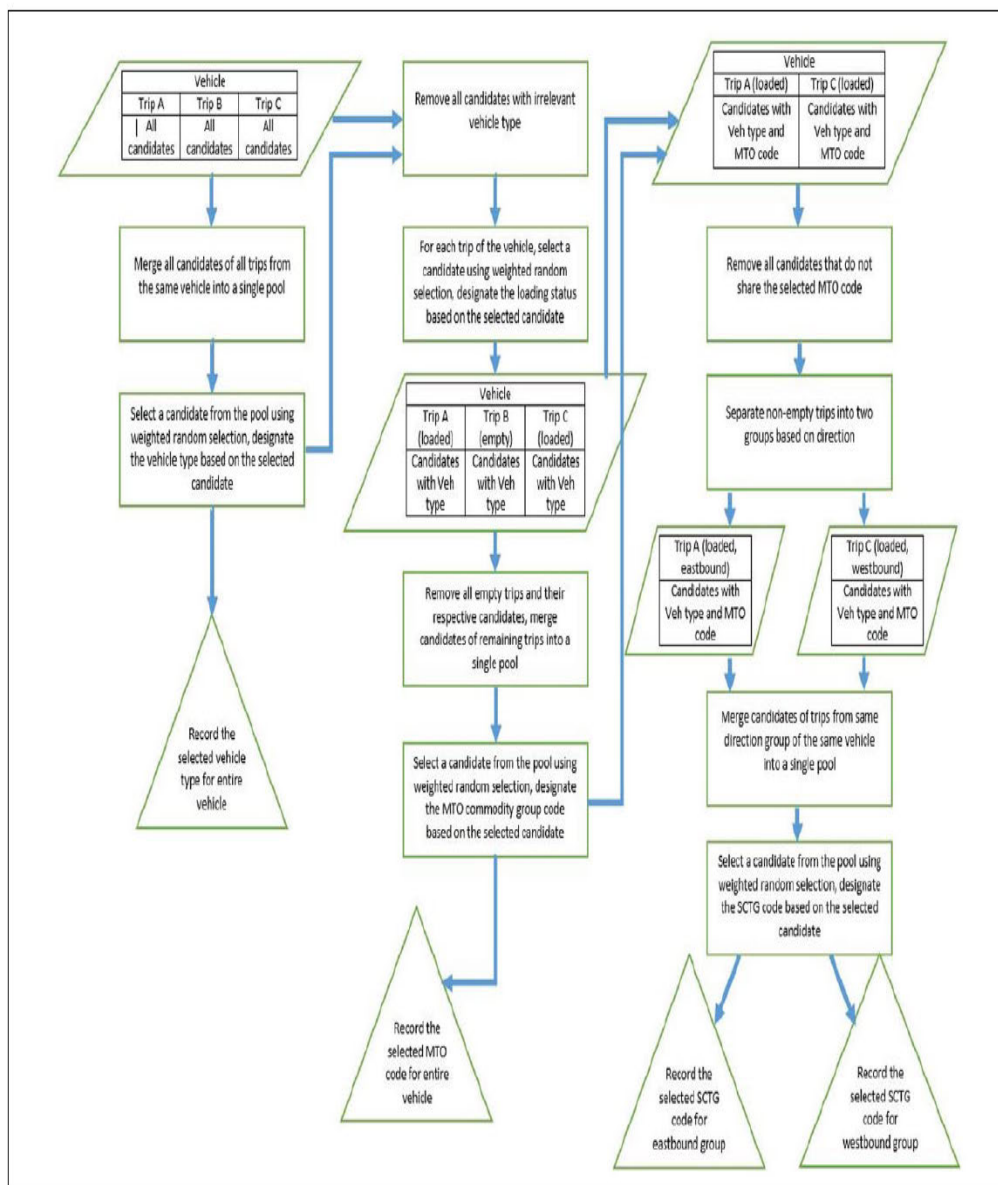
2. The survey day analysis includes data from 37 drivers that completed both the paper-pencil survey and installed a GPS device, and have at least one identifiable address.

3. The common time-frame analysis excluded 5 of the 37 drivers for which no common time frame was found between the GPS and paper pencil survey stops.

##### <그림 15> GPS 조사 결과와 설문조사 결과 정차 빈도 비교

② Data Fusion of Commercial Vehicle GPS and Roadside Intercept Survey Data. ,  
Zhu, S., Amirjamshidi, G., & Roorda, M. J. (2018).

- 방대한 양의 빅데이터 GPS 자료에는 속성정보가 필요로 하며, 이에 설문조사 자료의 속성을 반영할 필요가 있으므로, 데이터 결합 방법을 통해 GPS자료와 설문조사 자료의 통행을 결합하는 연구를 수행함



<그림 16> GPS 자료와 설문조사 자료 변수별 대체 흐름도



## 나. 빅데이터 기반 화물 기종점통행량 구축 방법론

### 1) 빅데이터 기반 화물 기종점통행량 구축 방법론 필요성

- 정보통신기술의 발전에 따라 빅데이터를 수집/가공할 수 있는 여건이 갖추어짐에 따라서 공공/민간기관 모두 관련 빅데이터를 수집 및 축적하고 있는 실정
- 화물 기종점통행량 구축사업도 환경변화가 필요로 한다. 빅데이터를 이용한 화물 기종점통행량 구축 방안을 검토하고 조사가 반드시 필요한 부분과 빅데이터를 활용하여 정확도를 높일 수 있는 부분을 검토가 요구되며, 향후 화물 기종점통행량 구축체계 전환 방안을 수립이 필요
- 빅데이터 기반 화물자동차 기종점통행량 구축 방법론은 아래에 제시된 바와 같이 크게 지역 간 이동 화물자동차 기종점통행량 구축 방법론과 지역 내 화물자동차 기종점통행량 구축 방법론으로 구분됨

### 2) 빅데이터 기반 화물자동차 O/D 구축 방법

- 지역 간 이동 화물자동차 기종점통행량 구축방법론
  - 첫 번째 과정은 고속도로 요금소간 화물차량 O/D 구축하는 과정임
  - 두 번째 과정은 고속도로 요금소 간 화물자동차 OD를 요금소 진입 전 최초 출발지와 요금소 진출 후 최종 도착지로 연계하는 과정임
- 지역 내 이동 화물자동차 기종점통행량 구축방법론은 3단계의 과정을 통해 구축됨
  - 첫 번째 과정은 영업용 차량 OD 구축 과정으로 영업용 화물자동차의 운행기록자료가 활용됨
  - 두 번째 과정과 세 번째 과정은 자가용 화물 차량 OD 구축 과정으로 화물자동차통행실태조사 자료와 가구통행실태조사 자료를 활용함
- 본 연구에서 제안한 구축방법론을 적용하기 위해서는 향후 화물자동차통행실태조사시 영업용 화물차 표본은 감소시키고 자가용 화물차 표본을 증가시키는 방안이 요구됨

### 3) 빅데이터 기반 화물 물동량 O/D 구축 방법<sup>2)</sup>

- 빅데이터 기반 화물물동량 기종점통행량 구축 방법론은 <그림 4-7>에 제시된 바와 같음
- 구축 방법은 크게 수출입 물동량 기종점통행량 구축 방법론과 내수 물동량 기종점통행량 구축 방법론으로 구분됨
- 수출입 물동량 기종점통행량 구축 방법론의 1단계는 수출입 항만 물동량 O/D 구축이며, 해양수산부의 Port-mis 자료를 통해 항만에서 내륙으로 향하는 지역별, 품목별 적컨테이너·공컨테이너 및 일반화물로 구분하여 기종점통행량 구축이 가능함
  - 이 과정에서 수출입항만통행실태조사 자료와 영업용 화물자동차 운행기록계 자료를 통해 보정하는 과정이 필요로 함
- 2단계는 수출입 항공 물동량 O/D 구축이며, 수출입 무역통계의 항공 부문 자료와 수출입 항공 화물자동차 통행실태조사자료가 활용되며, 지역별, 품목별 기종점통행량이 산출됨
- 내수 화물물동량 기종점통행량 구축방법론은 2단계의 과정을 통해 구축됨
  - 첫 번째 과정은 지역별 품목별 물동량 발생량 구축 과정이며, 사업체 물류현황조사자료가 활용됨
  - 두 번째 과정은 한국은행 지역간 산업연관표를 활용한 물동량 도착량 산출 과정이 수행됨
  - 마지막 과정은 첫 번째 단계와 두 번째 단계에서 산출된 발생량과 도착량을 분포시키는 과정이며, 첫 번째 단계와 두 번째 단계와 기존 방법론과 동일하지만 분포 과정에서는 빅데이터 기반으로 구축된 화물차량 O/D와 화물자동차통행실태조사를 결합하여 통행분포 활용한다는 점에서 기존 방법론과 차별성이 있음

<sup>2)</sup> 한국교통연구원 (2019), 빅데이터 기반 교통수요 예측의 신뢰도 제고 연구(2차년도), p. 232-239. 참조 재구성

## 5. 결론

### 1) 결론

- 화물자동차 기반 빅데이터 활용 광역권 내 화물수요 존세분화 방법론 연구를 광주광역시를 대상으로 연구를 수행함
  - 화물자동차의 용도별 기준을 구분하여 존세분화 방법론을 연구하였고, 광역권 동단위의 세부 기종점통행량 구축에 대한 방법론 및 지표를 제시함
  - 비영업용 화물자동차의 경우 기존의 가구통행실태조사 자료 및 화물자동차통행실태조사 자료, 영업용 화물자동차의 경우 화물자동차통행실태조사 자료 및 영업용주행기록계(DTG)자료를 활용하여 존세분화 방법론 및 지표를 제시함
  - 영업용화물자동차 운행기록자료의 특성상 화물자동차의 적재능력 정보가 포함되어 있지 않기 때문에 톤급별 O/D 구축이 어렵지만, 영업용 차량의 주행기록계 장착이 1톤초과인 점을 착안하여 영업용화물자동차 운행기록자료의 차량 톤급이 중대형 차량임을 전제로 하였으며 영업용 소형 화물자동차는 2017년 화물자동차통행실태조사 자료를 활용하여 구축하였음
- 영업용 화물자동차운행기록 자료를 이용한 영업용 화물자동차 기종점통행량 구축 방안 연구를 수행하였음
  - 화물자동차 운행기록계 자료를 활용한 기종점통행량 구축 방안 국내외 연구들에 대한 고찰을 수행함
  - 영업용 화물자동차 운행기록계 전처리 과정, 자료 분석 및 통행정의의 기준 설정, 기종점통행량 구축 방법론을 정립함
  - 전체적인 DTG 자료의 특성을 파악하기 위해 원시자료의 주요 항목에 대한 통계적 분석을 진행함
  - 통행기준을 위한 정차시간 및 이동거리 분포 확인하여 통행 추출 알고리즘 개발하였고, 슬라이딩 윈도우 기법을 활용한 통행정의의를 설정하였음
  - 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 기종점통행량 분석, 운행특성 분석, 운행특성 시각화 분석 및 기타 분석을 수행함
  - 총 통행수 및 지역별 발생량 및 도착량 분석, 영업용 화물자동차의 지역별 기종점통행량 구축, 1일 및 1주일 통행 분석, 트립체인 분석, 물류거점별 발생량 및 도착량

분석, 고속도로 휴게소 이용패턴 분석 등 다양한 분석을 수행함

- 빅데이터 활용 화물 기종점통행량 구축 체계 전환 방안을 수립하기 위해 화물통행실태조사와 빅데이터의 역할 및 상호대체·보완 방안 관련 문헌을 고찰함
- 하이패스 자료, 화물자동차 주행거리기록계 자료, 수출입항만자료 PORTMIS 자료를 핵심으로 하는 빅데이터 기반 화물 기종점통행량 구축 방법론을 화물자동차 기종점통행량 구축 방법론과 화물물동량 기종점통행량 구축 방법론으로 구분하여 중장기 로드맵을 수립함

## 2) 향후 연구과제

- 빅데이터를 활용한 국내외 연구가 지속적으로 이루어지고 있으므로 매년 관련 연구들에 대한 고찰도 지속적으로 이루어져야 할 것임
- 주행거리기록계 자료 이외에 모바일 자료, 운송망 정보 자료 등 다양한 수집원 검토를 통한 기종점통행량 구축 방법론 검토가 요구되어짐
- 주행거리기록계 자료의 광역권 화물자동차 표본이 증가하면 통행지표 산출이외에 가중치 적용 과정을 통한 전수화 과정을 통해 존세분화 과정의 방법론 개선이 필요로 함
- 소규모 설문조사와 빅데이터를 결합하는 연구도 병행되어야 할 것이며, 수단간 연계과정에 대한 별도의 연구도 필요로 함
  - 주행거리기록계 자료와 토지이용자료를 결합하여 화물자동차의 유통경로 과정 분석도 필요로 함
- 영업용 화물자동차 뿐만아니라 자가용 화물자동차 기종점통행량 구축방법론에 대한 검토가 필요로 함
- 수출입항만화물통행실태조사, 수출입항공화물통행실태조사, 철도화물통행실태조사, 연안 화물통행실태조사, 고속도로 진출입 화물자동차 통행특성 분석에도 빅데이터를 활용하는 방법론 연구가 필요로 함
- 빅데이터를 활용하여 물동량 기종점통행량 구축을 위해서는 품목별 통행분포 특성을 반영하는 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것임
- 현재 활용가능한 공공부문의 빅데이터는 화물차 기종점통행량 구축을 위한 화물차량 운행 관리 정보와 화물차량 이동계적 정보가 주를 이루고 있으나, 현재 개인정보 보호로 인해

현재 적재능력별로 차종 구분이 불가능함

- 화물자동차 등록시스템 자료와 연계하여 차종구분의 세분성을 높이는 방안을 강구하여야 할 것임
- 영업용 화물자동차 주행기록계 자료 표본이 지속적으로 증가하므로 대용량 자료 처리를 위한 방법론 개발이 지속적으로 이루어져야 할 것임
- 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 이동 궤적 맵 매칭과정과 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 분석 시스템을 구축하여 통행DB와 운행성능 DB를 구축한 과정도 지속적으로 이루어져야 할 것임

## 제1장 과업의 개요

---

제1절 과업의 목적 및 범위

제2절 과업의 내용 및 방법



## 제1장 과업의 개요

### 제1절 과업의 목적 및 범위

#### 1. 과업의 배경

- 정보통신기술의 발전에 따라 빅데이터를 수집/가공할 수 있는 여건이 갖추어짐에 따라서 공공/민간기관 모두 관련 빅데이터를 수집하고 있으며, 화물 기종점통행량 구축 사업도 환경변화가 필요함
- 기존의 화물기종점통행량은 설문 응답자를 접촉하여 인터뷰를 수행하는 면접조사 방식의 소규모 표본 조사 자료를 바탕으로 차량 또는 물동량 전체로 변환하여 구축하는 방식이며, 설문조사 방법은 시간이 갈수록 설문 응답을 받기가 어려워지고 있으며, 조사비용 또한 증가하고 있는 실정임
- 화물기종점통행량 자료는 국가물류계획을 수립하고 정책방안을 제시하기 위해 이용하는 기초자료로써, 화물부문 빅데이터를 활용하여 정확성과 효율성을 높이기 위한 기종점통행량 구축 기초연구가 필요함
- 영업용화물차운행기록자료 등 화물·물류부문 교통 빅데이터를 활용하여 전통적인 조사기반 기종점통행량 구축과정을 개선하고 검증하기 위한 연구를 수행하고자 함

#### 2. 과업의 필요성

- 공공/민간기관에서 보유하고 있는 화물교통 관련 빅데이터를 조사하고 수집하여 KTDB로 구축하는 과정이 필요함
- 화물 기종점통행량 자료의 신뢰성을 제고하기 위한 방안으로 빅데이터를 활용하여 조사표본율과 조사내용 및 조사방법에 대한 새로운 조사체계와 이를 활용 전수화하는 과정을 수립하는 것이 시급함
- 조사기반 물동량 기종점통행량과 화물자동차 기종점통행량은 모든 수단, 산업, 차종을 반영하는데 한계가 있어 화물물류 빅데이터 기반 기종점통행량 구축 시범 연구를 통하여 기존 구축체계를 보완 및 대체하기 위한 노력이 필요함



- 빅데이터를 이용한 화물 기종점통행량 구축 방안을 검토하고 조사가 반드시 필요한 부분과 빅데이터를 활용하여 정확도를 높일 수 있는 부분을 검토가 요구되어지며, 향후 화물 기종점통행량 구축체계 전환 방안을 수립하고자 함

### 3. 과업의 범위

#### 가. 시간적 범위

- 과업범위 : 2019년 1월 ~ 12월

#### 나. 공간적 범위

- 제주도를 제외한 전국을 대상으로 함

#### 다. 내용적 범위

- 빅데이터를 이용 광역권내 화물수요 존세분화 방법론 연구
- 빅데이터 활용 화물자동차 기종점통행량 구축 방안 연구
- 빅데이터 활용 화물 기종점통행량 구축 체계 전환 방안(로드맵) 수립
- 기대효과
  - 신뢰성 있는 기초자료 구축을 통한 공공 교통시설 타당성 평가 자료의 객관성 확보 및 교통정책 개발 및 연구의 신뢰성 증진됨
  - 화물물류 부문 빅데이터를 활용하여 기종점통행량 구축 방안을 검토하여 기존 인력식 면접조사와 표본조사의 한계를 극복할 수 있음
  - 빅데이터를 기반 기종점통행량 구축을 통해 자료의 갱신 주기를 줄이고 지역별 화물 교통수요 변화분을 시의성 있게 반영될 것이라 판단됨

## 제2절 과업의 내용 및 방법

### 1. 빅데이터를 이용 광역권 내 화물수요 존세분화 방법론 연구

- 국내 화물자동차 관련 빅데이터 활용 화물수요 존세분화 방법론 연구
- 광역권 내 화물자동차 존세분화 방법론 연구

### 2. 영업용 화물자동차운행기록 자료를 이용한 영업용 화물자동차 기종점통행량 구축 방안

#### 1) 영업용 화물자동차 운행기록자료 관련 기존문헌 고찰

- 국내외 영업용 화물자동차 운행기록자료를 활용한 통행분석, 기종점통행량 구축 방법론 연구 검토

#### 2) 자료구조 분석

- 월별 영업용화물자동차 운행기록자료의 파일 시스템 구조를 분석

#### 3) 기초 분석

- 자료의 전처리를 진행하기 전에 전체적인 영업용화물자동차 운행기록자료의 특성을 파악하기 위해 원시자료의 주요 항목에 대한 통계적 분석을 진행함

#### 4) 전처리과정 구축

- 영업용화물자동차 운행기록자료 분석 및 폴리곤 생성에서 발생하는 유형별 오류를 구분하고 해결방안 제시

#### 5) 분석 방법론 정립

- 통행기준을 위한 정차시간 및 이동거리 분포 확인하여 통행 추출 알고리즘 개발
- 휴게소, 졸음쉼터 등의 중간 정차 통행추출을 위한 폴리곤 정의 및 생성

6) 통행특성 분석

- 영업용 화물자동차의 지역별 기종점통행량 구축결과
- 트립체인 분석결과

7) 기타분석

- 전국의 물류거점 유형을 구분하여 화물자동차의 현황 및 자료 추출
- 영업용화물자동차 운행기록 자료를 활용한 고속도로 휴게소 이용패턴 분석

**3. 빅데이터 활용 화물 기종점통행량 구축 체계 전환 방안 수립**

- 화물통행실태조사와 빅데이터의 역할 및 상호대체·보완 방안 검토
- 화물 기종점통행량 통합 구축 방안 및 중장기 로드맵 수립

## 제2장 빅데이터를 이용 광역권 내 화물수요 존세분화 방법론 연구

---

### 제1절 개요

### 제2절 기존문헌 고찰

### 제3절 광역권 내 화물자동차 존세분화 연구



## 제2장 빅데이터를 이용 광역권 내 화물수요 존세분화 방법론 연구

### 제1절 개요

- 기존의 화물기종점통행량(O/D)구축은 전국 지역 간 화물통행량을 추정하고 있으며, 이를 세분화한 광역권 화물 O/D 구축은 정기적으로 공표되고 있지 않고 기존의 확립된 방법론이 현재 부족하여 과업별로 별도 구축하여 분석을 수행하고 있음
- 국가교통DB센터에서는 기존의 2007년과 2015년에 수도권 및 광역권 기준의 세분화된 동단위 화물O/D 구축방안 연구를 수행하였으며 이를 통해 광역권 동단위의 존세분화 방법에 대한 검토가 이루어졌음
- 본 장에서는 화물자동차의 용도별 기준을 구분하여 존세분화 방법론을 적용하고, 광역권 동단위의 기종점통행량에 대한 방법론 및 지표를 검토하고자 함
- 비영업용 화물자동차의 경우 기존의 톤급별 조사자료를 활용하여 존세분화 방법론을 적용하였으며, 영업용 화물자동차의 경우 영업용주행기록계(DTG)자료를 활용하여 기종점통행량을 구축하였음
  - 영업용화물자동차 운행기록 자료의 특성상 화물자동차의 적재능력 정보가 포함되어 있지 않기 때문에 톤급별 O/D 구축이 어렵지만, 영업용 차량의 주행기록계 장착이 1톤초과인 점을 착안하여 영업용화물자동차 운행기록 자료의 차량 톤급이 중대형 차량임을 전제로 하였으며 영업용 소형 화물자동차는 2017년 화물자동차통행실태조사 자료를 활용하여 구축하였음

### 제2절 기존문헌 고찰

#### 1. 한국개발연구원 도로철도부문 사업의 예타 표준지침 수정보완 연구(5판)

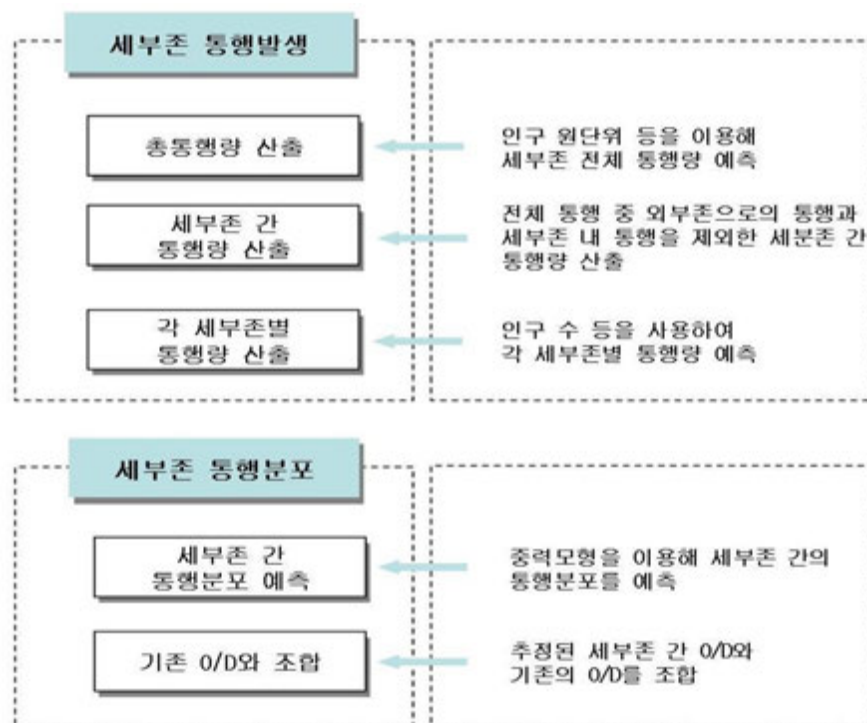
- 한국교통연구원에서는 KTDB를 정기적으로 배포하고 있지만, 영향권 내에 위치한 주요 네트워크의 누락 여부, 현재 교통상황과 변경된 계획 등을 반영하여 교통분석에

적합한 기초자료를 구축하는 것은 해당 연구진들이 사업에 맞게 수정 및 보완을 함

- 기초자료의 존 체계하에서 사업 시행으로 인한 교통패턴의 변화를 분석하기 어려운 경우에는 영향권 등 사업노선의 수요에 직접적인 영향을 미치는 지역에 대해서 존 세분화 작업을 거쳐 교통분석을 수행함
- O/D를 세분화할 때 해당 지역에 대한 교통정비기본계획 등의 법정계획에 사용된 기초자료(O/D 및 네트워크 등)를 얻을 수 있는 경우 이를 이용하여 존 세분화 작업에 활용할 수 있음

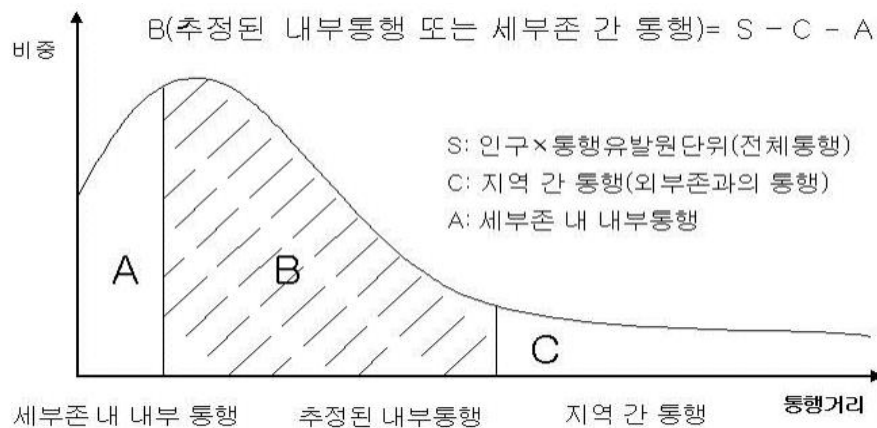
#### 가. 원단위와 중력모형을 이용한 O/D 산정방법

- 존 세분화에 적합한 기존 자료 획득이 어려운 경우 다음과 같이 원단위와 중력모형을 이용하여 세부존 O/D를 직접 구축할 수 있음
- 통행발생량 산출 시 해당 지역에 대한 기초 연구자료가 존재하지 않을 경우 KTDB 구축과정에서 분석된 원단위를 적용하거나, 사업 시행 지역과 유사한 특성을 갖는 지역, 인접 지역의 통행발생 원단위를 적용할 수 있음



<그림 2-1> 세부존 O/D 구축방법 흐름도

- 세부존 구축 이후에도 기존 O/D와의 일관성을 유지하기 위해서는 세부존별 총발생통행량 가운데 세부존 간 통행량(B)을 구분하여 산출해야 함
- 세부존의 총통행은 세부존과 외부존과의 통행(C), 세부존 내 내부통행(A), 그리고 존 내 통행을 제외한 세분화된 존 간 통행(B)으로 구분됨
- 세부존 내 통행(A)은 실제로 발생하는 통행이나 O/D 산출 시에는 제외되어야 할 통행량이므로 세부존 간 통행분포 예측단계에서 제외함



<그림 2-2> 존내 내부통행의 개념

- 세분화된 존의 유입·유출량은 중력모형을 이용하여 통행을 분포시킬 수 있음
- 중력모형은 아래 식에서 보는 바와 같이 존의 유입·유출량의 크기에 비례하고, 존과의 거리에 반비례하는 특성이 있음
- 중력모형의 적용 시에는 통행목적(출근, 업무, 귀가, 통학, 기타 등)에 따라 분류하여 적용하여야 함

$$T_{ij} = P_i(A_j F_{ij}) / \left( \sum_{k=1}^{zones} A_k F_{ik} \right)$$

여기서,  $T_{ij}$ : 존 i에서 존 j로의 통행

$P_i$ : 교통존 i의 유출총량

$A_j$ : 교통존 j의 유입총량



$F_{ij}$ : 교통존 i와 j 간의 저항함수

- 중력모형을 적용하여 세부존 O/D를 구축하는 과정은 다음과 같음
  - 네트워크의 추가 구축
  - 존 세분화에 상응하는 수준의 도로망을 네트워크에 추가
- 존 간 통행시간의 추정
  - 중력모형의 적용을 위해서는 존 간 통행시간을 실제 혼잡이 반영된 통행시간으로 적용하는 것이 원칙이나, 대리변수로 자유교통류 상태의 통행시간을 적용할 수 있음
  - 혼잡이 반영된 통행시간을 산출하기 위해서는 자유교통류 상태의 통행시간을 이용해 통행배정을 시행한 후 구할 수 있음
  - 수요분석모형 소프트웨어를 이용하여 통행시간을 계산하는 과정에서 센트로이드 커넥터에 통행시간이 포함되어 있는 경우가 있으므로 이를 세분화된 존의 크기에 맞게 조정하여야 함
- 저항함수 산출
  - 저항함수 산출방법으로는 해당 지역의 통행거리에 따른 통행분포 자료(전수화 자료, 기존 O/D)가 있을 경우에는 저항함수의 계수를 산출하여 중력모형에 적용할 수 있음

### 나. 기존 O/D와 세부존 O/D의 결합

- 존 세분화 작업을 수행한 이후에는 세부존 O/D와 기존 252개 존 체계의 O/D를 결합하여야 함
- 252개 존 체계에서 사업의 영향권에 해당되는 3번 존을 3-1, 3-2, 3-3으로 세분화하였을 때의 세부존 O/D를 결합하여 하나의 통합 O/D를 구축하여야 함

<표 2-1> O/D 결합 1단계

존 번호	1	2	3	4	5	3-1	3-2	3-3	합계
1	0	63	36	85	77				261
2	28	0	89	75	77				269
3	94	12	0	59	74				239
4	46	61	62	0	68				237
5	41	52	46	51	0				190
3-1						73	103	113	289
3-2						140	142	147	429
3-3						150	84	113	347
합계	209	188	233	270	296	363	329	373	2,261

- O/D 결합은 다양한 방법을 활용할 수 있으나, 아래에서 제시한 세부존과 외부존간의 통행비율을 기준으로 두 개의 O/D를 결합하는 것을 원칙으로 함
- 분석대상 구간인 3번 존의 유입통행량과 유출통행량은 기존의 전국 O/D를 이용함
- 세부존(3-1, 3-2, 3-3)의 총발생통행량과 총유입통행량을 구하고 각 존별로 그 비율을 계산함(음영 처리 부분).

<표 2-2> O/D 결합 2단계

존 번호	1	2	3	4	5	3-1	3-2	3-3	소계	비율	합계
1	0	63	36	85	77						261
2	28	0	89	75	77						269
3	94	12	0	59	74						239
4	46	61	62	0	68						237
5	41	52	46	51	0						190
3-1						73	103	113	289	0.27	289
3-2						140	142	147	429	0.40	429
3-3						150	84	113	347	0.33	347
소계						363	329	373	1065		
비율						0.34	0.31	0.35		1.00	
합계	209	188	233	270	296	363	329	373	1,065		2,261

- 3-1, 3-2, 3-3번 존의 유·출입 통행량의 비율을 기존 O/D의 3번 존에서 각 존으로 발생하는 통행량에 곱하여 세부존과 기존 존의 O/D Pair의 값을 산출함

<표 2-3> O/D 결합 3단계

존 번호	1	2	3	4	5	3-1	3-2	3-3	비율	합계
1	0	63	36	85	77	12.24	11.16	12.6		261
2	28	0	89	75	77	30.26	27.59	31.15		269
3	94	12	0	59	74	0	0	0		-
4	46	61	62	0	68	21.08	19.22	21.7		237
5	41	52	46	51	0	15.64	14.26	16.1		190
3-1	25.38	3.24	0	15.93	19.98	73	103	113	0.27	353.53
3-2	37.6	4.8	0	23.6	29.6	140	142	147	0.40	524.6
3-3	31.02	3.96	0	19.47	24.42	150	84	113	0.33	425.87
비율						0.34	0.31	0.35	1.00	
합계	209	188	-	270	296	442.2	401.23	454.55	0	2,261

- 최종적으로 기존 존 체계의 3번 존을 3-1, 3-2, 3-3번의 유입·유출량으로 대체하여 보정된 통합 O/D를 구축함

<표 2-4> 보정된 통합 O/D

존 번호	1	2	3-1	3-2	3-3	4	5	합계
1	0	63	12.24	11.16	12.6	85	77	261
2	28	0	30.26	27.59	31.15	75	77	269
3-1	25.38	3.24	73	103	113	15.93	19.98	353.53
3-2	37.6	4.8	140	142	147	23.6	29.6	524.6
3-3	31.02	3.96	150	84	113	19.47	24.42	425.87
4	46	61	21.08	19.22	21.7	0	68	237
5	41	52	15.64	14.26	16.1	51	0	190
합계	209	188	442.22	401.23	454.55	270	296	2,261

## 2. 관측교통량 기반 O/D 추정 연구방법론

### 1) 관측교통량 기반 O/D 추정연구 분류

- 관측교통량을 기반으로 한 O/D 구축은 1970년대부터 교통학계에서 꾸준히 연구되어 왔으나, 관측교통량으로부터 O/D를 추정하는 방법은 근본적으로 수학적인 과소 식별(Under-determined)의 문제를 갖고 있음
- 이러한 과소 식별의 문제를 해결하고 정확한 O/D 수요를 추정하기 위해 해왔던 다양한 노력을 확인할 수 있으며, 이를 분류하여 정리하면 다음과 같음



<그림 2-3> 관측교통량 기반 O/D 추정연구 분류

## 2) 정적 O/D추정

- 정적 O/D란 통상 교통계획에 사용되는 기종점 통행량을 의미하며, 정해진 시간 주기(시간, 일)에 모든 통행이 종료됨을 가정함
- 통행수요모형 기반 정적 O/D 추정
  - Robillard (1975), Hogberg (1976)는 중력모형을 적용하면서 준별 특성을 고려하는 관측교통량 기반의 O/D 예측 방법론을 소개하였고, Tamin and Willumsen (1989)과 Tamin et al, (2003)은 관측교통량과 중력-기회모형을 적용하여 O/D 통행량을 예측하는 방법론을 개발하였음
- 엔트로피 극대화 기반 정적 O/D 추정
  - Willumsen (1978)은 Wilson (1970)의 엔트로피 극대화 이론을 도입하여 관측교통량 제약 하에서 엔트로피를 극대화하는 프로그래밍을 통해 O/D 통행량을 추정하는 방안을 제시하였음
- 통계모형을 기반으로 한 정적 O/D 추정
  - 가장 일반적인 통계적 예측방법으로는 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation; MLE), 일반화 최소제곱 추정법(Generalized Least Square; GLS), 베이지안 추정법(Bayesian Inference; BI) 등이 있음
- 다중 클래스 정적 O/D 추정
  - 본 연구의 요구사항을 충족시키는 데 있어 다중 클래스 정적 O/D 추정 모형이 가장 적합한 도구임

## 3) 동적 O/D추정

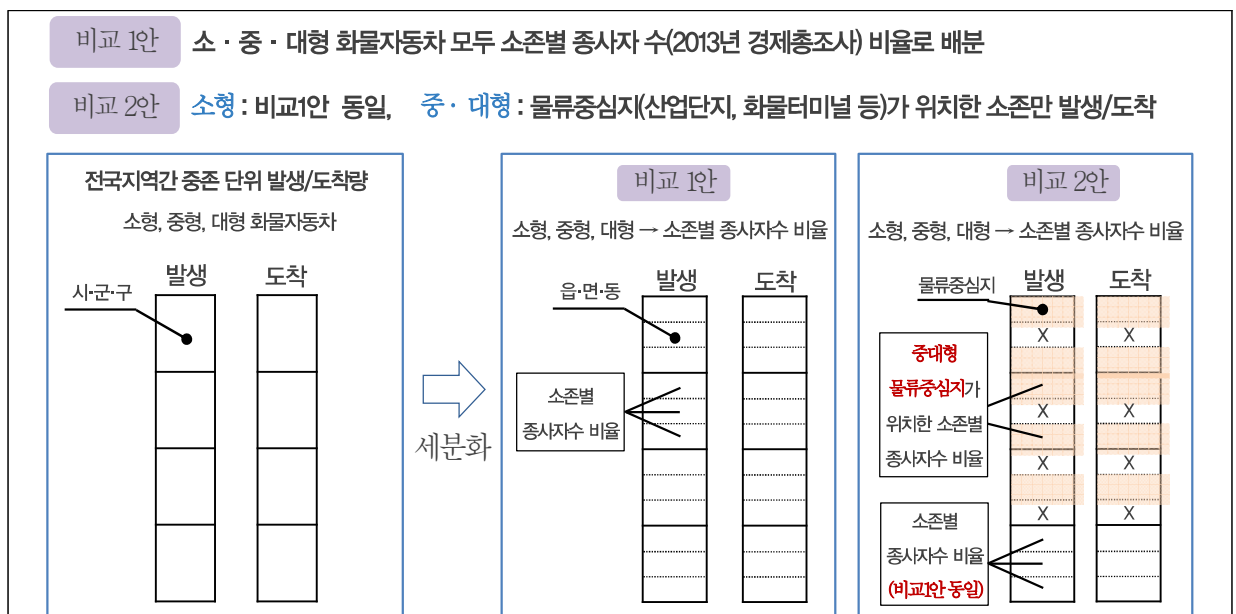
- 동적 O/D란 출발시간을 기준으로 하여 시간단위별로 구축하는 기종점 O/D 통행량을 의미하며, 동적 통행배정의 입력 자료가 되고 다양한 실시간 교통류 관리의 기본 자료로 이용됨
- 정적 O/D 추정의 과소식별 문제를 해결하는 하나의 방안으로서 시간대를 나누어 관측교통량 자료를 시계열화 함으로써 축차적인 동적 O/D 갱신이 가능해짐
- 동적 O/D 추정을 위해서 칼만필터(Kalman Filter)로 대표되는 State-Space 모형이 주로 이용되는데, 그 구조는 다음식과 같이 측정방정식과 상태(전이)방정식으로 구분됨

### 3. 대도시 화물수요추정 방안 연구: 관측교통량 기반 O/D 추정 방법론 고찰(2015)

#### 가. 연구방법론

##### 1) 2007년 수도권 및 5대 광역권 통행량 자료 결과 반영

- 여객통행O/D의 존재계에 부합하는 수도권 및 광역권별 화물통행 자료는 현재 존재하지 않기 때문에, 2004년 『국가교통DB구축사업』의 수도권 및 지방 5개 광역권 화물 기종점통행량 현행화 자료를 활용함
- 2007년도 광역권 및 대도시권 여객 기종점 통행량(이하 광역권 여객O/D) 구축에서는 화물 교통량을 산정하기 위해 2004년 광역권 화물O/D와 전국 지역간 화물O/D를 결합하여 활용함
- 2010년 가구통행실태조사에서는 화물자동차를 소형과 중·대형으로 구분하여 조사를 수행하였으며, 그 결과를 기타통행에 포함시켜 O/D를 산출하였음
- 관측교통량을 기반으로 대도시의 동단위 화물O/D를 구축하였으며, EMME/3와 TransCAD의 Gradient 방법의 알고리즘을 파악하고 이를 활용함
- 전국 지역간 화물자동차O/D를 기반으로 시나리오별 세분화(종사자수, 물류거점 등 고려) 방안을 통해 seed O/D를 구축하여 검증함

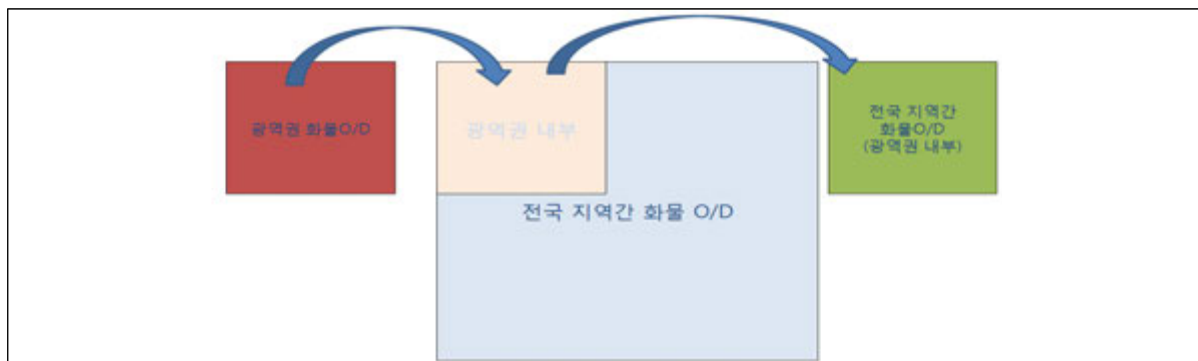


자료: 한국교통연구원, 『국가교통조사 및 DB구축사업 중 제7권 화물통행수요추정 신뢰도 개선방안 연구』, 2016

<그림 2-4> 대안별 화물O/D 세분화

## 2) O/D matrix 세분화 개념

- 광역권 화물O/D를 활용하여 광역권 내부 화물 통행을 구성한 후 광역권 화물O/D에는 포함되어 있지 않은 지역 권역↔광역 권역, 지역 권역↔지역 권역의 화물 통행량을 구성하기 위해 전국 지역간 화물 O/D를 광역권 화물O/D와 결합하여 활용
  - 전국 지역간 화물O/D 통행 중 광역권 내부O/D를 해당 광역권 내부 화물O/D로 교체함
  - 광역권↔전국 지역간 통행량의 존재계를 기타 통행의 비율로 적용시켜 광역권↔지역간 존재계로 세분화함(광역권 여객O/D 기타 통행량 비율을 활용)



자료: 한국교통연구원, 『국가교통조사 및 DB구축사업 중 전국 화물O/D 보완갱신 연구: 대도시 화물수요추정 방안 연구』, 2015

<그림 2-5> O/D matrix 세분화 개념도1



자료: 한국교통연구원, 『국가교통조사 및 DB구축사업 중 전국 화물O/D 보완갱신 연구: 대도시 화물수요추정 방안 연구』, 2015

<그림 2-6> O/D matrix 세분화 개념도2

- 전국 지역간 화물O/D는 시군구 단위의 존 체계로 구성되어 있으나, 광역권 화물 O/D는 읍면동 단위의 존 체계로 구성되어 있으므로 지역 권역↔광역권역 간의 화물 통행을 광역권 조사를 통해 구성된 기타 통행의 구성비를 활용하여 세분화함
  - 기타 통행 중 화물통행의 구성비가 60% 이상이므로 정기적인 보완갱신 과정을 거치지 않은 광역권 화물O/D의 통행분포에 비해 신뢰성이 있을 것으로 판단됨
- 전국 지역간 화물O/D와 광역권 화물O/D의 경우 톤급별 차량 기준이 상이하여 톤급 별 구분 없이 화물 수단으로 통일하여 적용함(승용차 환산계수 역시 화물 수단으로 통일하여 활용)

#### 나. 초기입력 화물자동차 O/D 구축 (Seed O/D) 구축

- 비교안 별로 구축된 화물자동차 seed O/D의 적정성은 현황에 대한 모사정도로서 판단함
  - 비교1안: 소형·중형·대형 화물자동차 모두 소존별 종사자수 비율로 세분화한 방법
  - 비교2안: 소형은 비교1안 동일하고 중대형 화물자동차는 물류중심지(산업단지, 화물 터미널 등)가 위치한 소존만 발생/도착량이 배분되도록 세분화한 방법
- 본 연구에서는 ‘2011년 전국 화물기종점통행량 조사’ 자료를 바탕으로 분석한 대도시 광역권 내 통행거리분포(TLD)와의 오차 및 seed O/D를 배정한 교통량과 관측교통량과의 오차를 정량화함으로써 seed O/D의 적정성을 평가하였음
  - 통행거리분포(TLD)의 오차를 정량화하는 통계지표로는 평균제곱근 오차율(%RMSE)을 적용하였음
  - 관측교통량과의 오차를 정량화하는 통계지표로는 오차율이 30% 이내인 지점수의 비율을 적용하였음
  - 화물자동차의 경우 도로별, 지역별로 교통량 규모의 편차가 크기 때문에 교통량 규모별로 오차를 판단하는 것이 필요하며, 본 연구에서는 관측교통량 규모별 지점수가 약 20%가 되도록 5개 등급으로 나누어 관측교통량 규모별로 적정성을 평가하였음
  - 또한, 전체 지점에 대한 관측교통량과 배정교통량의 오차 정도를 정량화하기 위해 평균제곱근 오차율(%RMSE)을 산정하여 평가지표에 포함하였음



## 다. 연구결과

- 본 연구에서는 기존의 전국 지역간 화물 O/D와 관측교통량을 활용하여 광역권의 화물통행특성이 반영된 기종점 자료를 추정하고 이에 대한 적정성을 평가함으로써 대도시 화물 O/D 구축방안을 제시하였음
- 최초 seed O/D(2D)로 배정한 결과와 최종 추정 O/D로 배정한 결과에 대해서 관측교통량과의 오차율이 30% 이내의 지점수를 비교한 결과 두 광역권 모두 오차율이 2.5배 이상 개선된 것으로 분석됨
- 각 광역시의 통과통행량 비율을 분석한 결과, 소형은 통과교통량이 적고 중·대형으로 갈수록 통과교통량이 많은 것으로 분석되었는데, 이는 적재능력이 큰 화물자동차일수록 장거리 통행 비율이 높은 현실을 잘 반영한다고 볼 수 있음



<그림 2-7> 연구 진행 단계별 최적 추정 O/D 선정과정

### 제3절 광역권 내 화물자동차 존세분화 연구

#### 1. 개요

- 본 절에서는 통행발생 단계에서 추정된 존별 화물자동차의 발생 통행량과 도착 통행량을 존 간의 교차 통행량으로 배분하는 과정을 수행하며, 이를 위하여 우선 조사 표본을 기반으로 화물자동차 업종별, 톤급별 통행거리에 따른 통행빈도 분포를 검토한 후, 통행분포모형을 정립함
  - 모형 정립에 활용되는 조사 표본은 2017년 전국 화물통행실태조사 중 화물자동차 통행실태조사의 일부 항목인 하루 통행일지 조사결과임
- 분석도시는 17개시도 중 광주광역시의 내부통행을 기준으로 분석하였음
- 용도별 화물자동차에 따라 통행분포 분석에 활용 자료 및 방법을 구분하였음
  - 비영업용의 자료는 2017년 화물자동차통행실태조사 통행자료와 2016년 여객통행실태 조사에서 소형화물자동차 통행을 병합하여 활용하였으며 톤급별로 통행분포 특성을 분석하였음
  - 영업용 화물자동차는 영업용주행기록계 자료(DTG)를 활용하여 궤적자료 및 통행정보를 통하여 존 내 통행특성을 분석하였음

<표 2-5> 광주광역시 화물자동차 존세분화 활용 자료구분

구분		비영업용	영업용
톤급	소소형(1톤 이하)	- 2017 화물통행실태조사 - 2016 여객통행실태조사	- 2017 화물통행실태조사
	소형(1톤초과-2.5톤미만)	- 2017 화물통행실태조사	- 영업용 주행기록계 자료(2017)
	중형(2.5톤이상-8.5톤이하)		
	대형(8.5톤초과)		

#### 2. 존세분화 방법론 정립

##### 가. 비영업용 화물자동차 존 세분화 방법론 정립

###### 1) 방법론 정립

- 중력모형의 구조를 결정하기 위해서는 우선 존간 통행저항함수의 형태를 추정해야함
- 본 연구에서는 화물자동차통행실태조사 자료와 여객통행실태조사에서의 화물차량의 하루 통행일지에서 조사된 광주광역시의 존간 통행거리와 통행빈도를 기반으로 통행거리에 따른 통행빈도 분포를 검토한 후, 화물자동차 유형별 통행저항함수의 형태를 결정함
- 비영업용 화물자동차의 경우 이전 방법론과 같은 지역별 전국자동차등록대수 비율을 활용하여 존별 O/D를 구축하였음

## 2) 조사 표본 검토

- 화물자동차의 유형별 통행거리에 따른 통행빈도 분포를 검토하기 위하여 활용한 표본수는 총 3,398개이며, 본 절에서 활용한 비영업용 화물자동차의 표본수는 여객통행실태조사의 264대를 포함하여 총 2,216대임

<표 2-6> 광주광역시 화물자동차 유형별 조사 표본수

단위: 대/일

구분		비영업용	영업용	합계
톤급	소소형(1톤 이하)	1,347 (264)	356	1,703
	소형(1톤초과-2.5톤미만)	25	5	30
	중형(2.5톤이상-8.5톤이하)	723	173	896
	대형(8.5톤초과)	121	648	769
합계		2,216	1,182	3,398

\* ()는 2016년 여객통행실태조사에서 소형화물차량의 통행자료 수

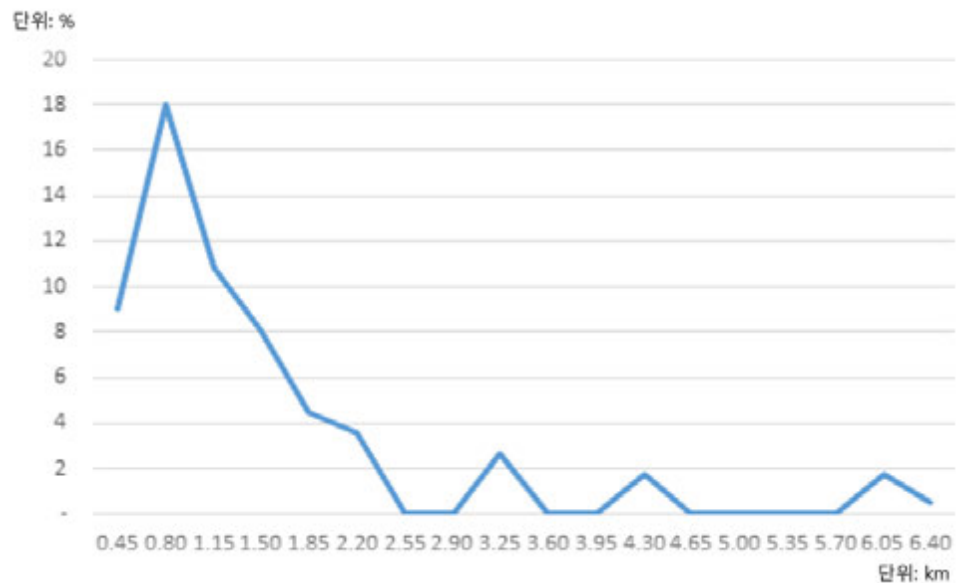
- 광주광역시 내부적으로 통행하는 통행량들을 기준으로 존별 화물자동차의 발생 통행량과 도착 통행량을 존 간 교차 통행량으로 배분하는 과정을 수행하며, 이를 위하여 우선 조사 표본을 기반으로 화물자동차 톤급별 통행거리에 따른 통행빈도 분포 특성을 분석함
  - 하지만 조사자료 중 소형의 표본수는 25대로 통행분포모형을 추정하기에 표본수가 작음
  - 광주광역시 도시 내 통행을 크게 소형(소소형, 소형)과 중대형 2개톤급으로 구분하여 모형을 정립하고자 함

&lt;표 2-7&gt; 광주광역시 비영업용 화물자동차 표본수

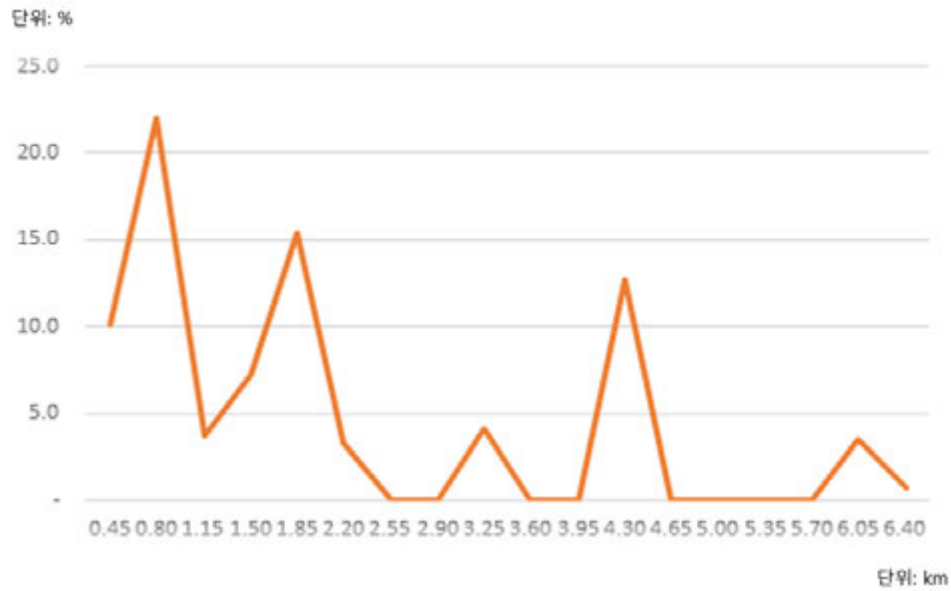
단위: 대/일

구분		비영업용
적재능력	소형(~2.5톤 미만)	1,372
	중대형(2.5톤 이상-)	844
합계		2,216

- 화물자동차 유형별 통행거리에 대한 통행빈도 분포를 검토한 결과는 다음과 같음
  - 중대형 화물차의 중간 통행거리가 길었음
  - 본 내용에서 검토된 통행거리대별 통행빈도 분포를 기반으로 화물자동차 유형별 중력모형 구축을 위한 통행저항함수를 추정함



&lt;그림 2-8&gt; 광주광역시 소형(소소형, 소형)화물자동차 내부통행거리 빈도율



<그림 2-9> 광주광역시 중대형 화물자동차 내부통행거리 빈도율

### 3) 통행저항함수 추정

- 상세업종별 통행거리에 따른 통행빈도 분포를 바탕으로 품목별 통행저항함수 형태를 추정하며, 본 절에서 검토한 통행저항함수 형태는 다음과 같음

<표 2-8> 통행저항함수 형태

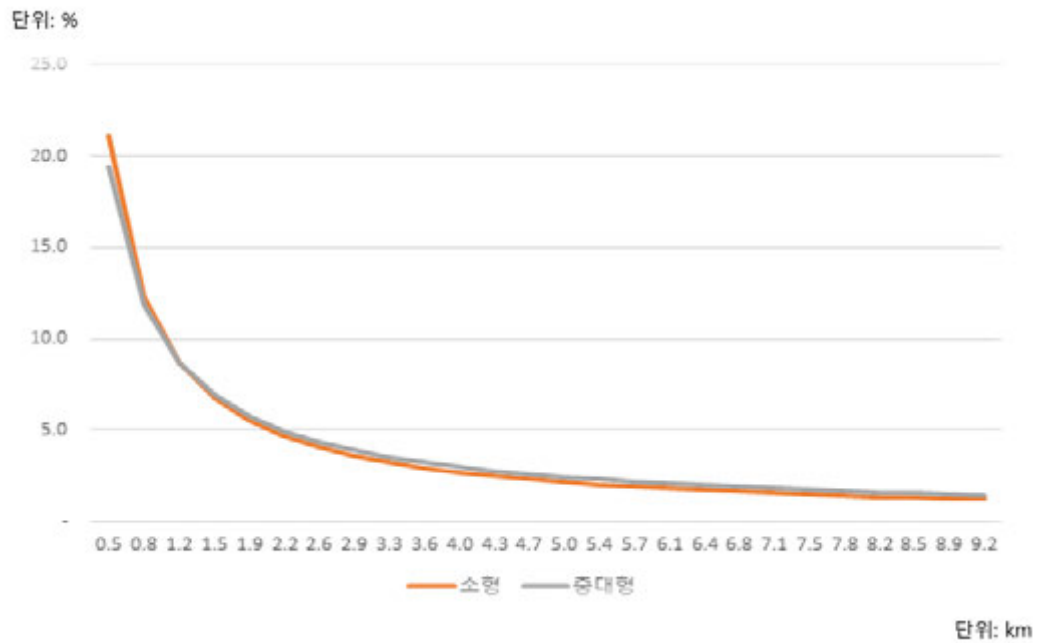
모형	방정식	선형화된 방정식
역지수모형	$f(c_{ij}) = \alpha \exp(-\beta c_{ij})$	$\ln(f(c_{ij})) = \ln(\alpha) - \beta c_{ij}$
역멱모형	$f(c_{ij}) = \alpha c_{ij}^{-\beta}$	$\ln(f(c_{ij})) = \ln(\alpha) - \beta \ln(c_{ij})$
역지수&역멱모형	$f(c_{ij}) = \alpha c_{ij}^{-\beta} \exp(-\gamma c_{ij})$	$\ln(f(c_{ij})) = \ln(\alpha) - \beta \ln(c_{ij}) - \gamma c_{ij}$

주 :  $f(c_{ij})$ 는 통행저항함수,  $c_{ij}$ 는 존간 통행거리를 의미함

- 화물자동차 유형별 통행저항함수를 분석한 결과, 모든 유형의 통행저항함수 형태는 역멱함수 형태의 설명력이 가장 우수한 것으로 나타남
- 추정된 통행저항함수의 적합 결과는 다음과 같으며, 추정된 모형은 모두 통계적 유의성을 확보하는 것으로 나타남

&lt;표 2-9&gt; 광주광역시 비영업용 화물자동차 통행저항함수(역멩함수) 적합 결과 및 계수

구분		$R^2$	계수	
			$\alpha$	$\beta$
비영업용	소형	0.947	9.39090	1.04119
	중대형	0.609	9.79665	0.85694



&lt;그림 2-10&gt; 광주광역시 화물자동차 내부통행분포(역멩함수) 비율 결과

## 4) 주행거리를 활용한 결과 검증

- 통행저항함수계수를 통해 나온 통행분포 결과와 실제 조사자료의 주행거리 검증을 통해 모형의 적정성을 검증해 볼 수 있음

&lt;표 2-10&gt; 광주광역시 톤급별 통행저항 함수와 조사자료 기반 주행거리 분포 비교

주행거리 급간(km)	소형		중대형	
	조사자료의 주행거리 분포(%)	모형을 통한 주행거리 분포(%)	조사자료의 주행거리 분포(%)	모형을 통한 주행거리 분포(%)
0.45	13.0	23.62	10.2	20.84
0.80	13.9	12.97	22.0	12.09
1.15	8.7	8.89	3.8	8.58
1.50	7.3	6.74	7.2	6.67
1.85	5.8	5.42	15.4	5.47
2.20	5.1	4.53	3.3	4.64
2.55	-	3.88	-	4.04
2.90	-	3.39	-	3.57
3.25	3.6	3.01	4.1	3.21
3.60	-	2.71	-	2.91
3.95	-	2.46	-	2.67
4.30	2.2	2.25	12.7	2.46
4.65	-	2.08	-	2.29
5.00	-	1.92	-	2.13
5.35	-	1.79	-	2.00
5.70	-	1.68	-	1.89
6.05	1.5	1.58	3.6	1.78
6.40	0.7	1.49	0.7	1.69
6.75	-	1.41	-	1.61
7.10	-	1.34	-	1.53
7.45	-	1.27	-	1.46
7.80	-	1.21	-	1.40
8.15	-	1.16	-	1.34
8.50	-	1.11	-	1.29
8.85	-	1.06	-	1.24
9.20	-	1.02	-	1.20

## 나. 영업용 화물자동차 존 세분화 통행분포 정립

### 1) 개요

- 기존의 영업용 화물자동차의 통행분포는 비영업용 화물자동차와 마찬가지로 조사자료의 통행정보를 활용하여 통행저항함수 계수를 추정하였음
- 본 과업에서는 기존과 다르게 영업용화물자동차 운행기록계 자료를 활용하여 광주광역시의 O/D특성과 주요지표를 제시하고자 함
- 광주광역시의 기종점통행량 구축을 위해 내부통행자료를 종사자수 비율을 적용하여 존세분화된 기종점통행량을 구축하고자 하였음
- 그러나 광주광역시의 경우 읍면동의 존세분화를 위한 표본수가 적게 추출이 되었기 때문에 시군구기준으로 구분하여 존을 세분화한 결과를 분석하였음
- 또한 영업용화물자동차 운행기록 자료의 경우 차량의 톤급정보를 알 수 없기 때문에 현재 기록계장치가 부착된 차량의 기준이 1톤 초과임을 고려하여 소형을 포함한 중대형 화물자동차로 전제하고 분석하였으며, 영업용 소소형 화물자동차의 경우 2017년 화물자동차통행실태조사의 영업용 소형차량을 활용하여 분석하였음

### 2) 영업용 소소형화물자동차 존세분화 구축 방법

#### ① 조사표본 결과

- 광주광역시 내부적으로 통행하는 영업용 소형 화물자동차의 존세분화 구축을 위해, 조사 표본을 기반으로 화물자동차 톤급별 통행거리에 따른 통행빈도 분포 특성을 분석함
  - 광주광역시의 영업용 소형 화물자동차 표본수는 265대로 나타났다음

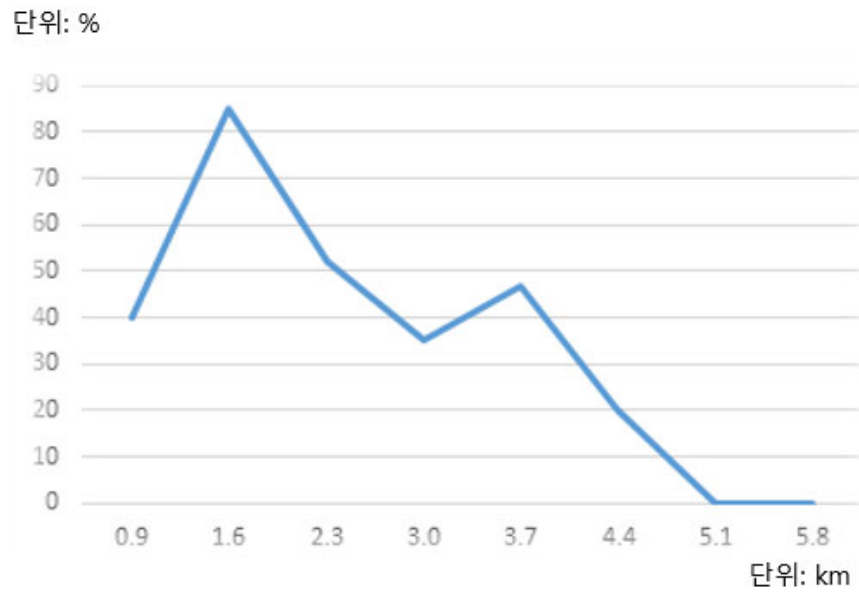
<표 2-11> 광주광역시 영업용 화물자동차 표본수

단위: 대/일

구분	영업용
소소형(~1톤 미만)	265



- 화물자동차 유형별 통행거리에 대한 통행빈도 분포를 검토한 결과는 다음과 같음
  - 중대형 화물차의 중간 통행거리가 길었음
  - 본 내용에서 검토된 통행거리대별 통행빈도 분포를 기반으로 화물자동차 유형별 중력모형 구축을 위한 통행저항함수를 추정함



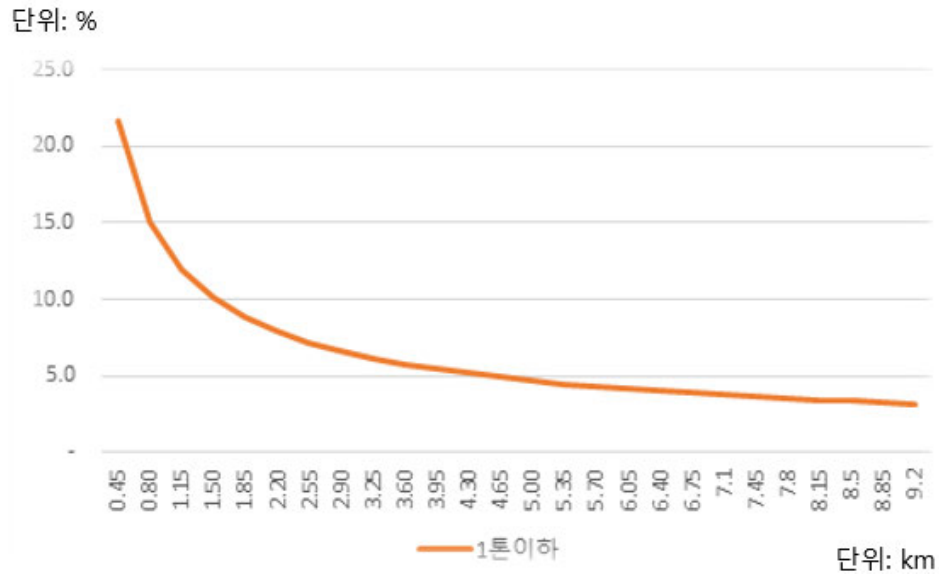
<그림 2-11> 광주광역시 소소형 화물자동차 내부통행거리 빈도율

## ② 영업용 소형화물자동차 통행분포모형 구축결과

- 광주광역시의 내부통행분포를 검토하기 위하여 활용한 표본수는 총 356대이며 이를 활용하여 통행저항함수를 분석함
- 그 결과, 모든 유형의 통행저항함수 형태는 역멱함수 형태의 설명력이 가장 우수한 것으로 나타났으며, 추정된 통행저항함수의 적합 결과는 다음과 같으며, 추정된 모형은 모두 통계적 유의성을 확보하는 것으로 나타남
- 통행저항함수의  $\alpha$ 는 13.03465로 나타났으며,  $\beta$ 계수는 0.63436으로 나타나 이를 활용하여 도시권 내 영업용 소형차량의 통행분포 비율을 적용할 수 있음

&lt;표 2-12&gt; 광주광역시 영업용 화물자동차 통행저항함수(역멩함수) 적합 결과 및 계수

구분		R <sup>2</sup>	계수	
			α	β
영업용	소형	0.805	13.03465	0.63436



&lt;그림 2-12&gt; 광주광역시 영업용 화물자동차 내부통행분포(역멩함수) 비율

## ③ 영업용 소소형 화물자동차의 주행거리를 활용한 검증

- 통행저항함수 계수를 통해 나온 통행분포 결과와 실제 조사자료의 주행거리 검증을 통해 모형의 적정성을 검증해 볼 수 있음

&lt;표 2-13&gt; 광주광역시 영업용 소소형 화물자동차의 조사자료 기반 주행거리 분포

주행거리 급간(km)	조사자료의 주행거리 분포(%)	모형을 통한 주행거리 분포(%)
0.45	11.2	13.0
0.80	23.9	9.0
1.15	14.6	7.2
1.50	9.8	6.1
1.85	13.2	5.3
2.20	5.6	4.7
2.55	-	4.3
2.90	-	4.0
3.25	9.6	3.7
3.60	-	3.5
3.95	-	3.3
4.30	5.6	3.1
4.65	-	3.0
5	-	2.8
5.35	-	2.7
5.7	-	2.6
6.05	4.2	2.5
6.4	2.2	2.4
6.75	-	2.3
7.1	-	2.3
7.45	-	2.2
7.8	-	2.1
8.15	-	2.1
8.5	-	2.0
8.85	-	2.0
9.2	-	1.9

## 3) 영업용 중·대형 화물자동차의 광주광역시 광역권 내 통행특성분석

## ① 일평균 통행 수

- 기존의 영업용화물자동차 운행기록 자료를 이용하여 광주광역시의 기종점통행량(OD)을 시군구 범위기준으로 구축하였음
- 자료기간은 2017년 10월 16일~20일 주중 5일간의 자료를 대상으로 하였음
- 전체 8,639통행 중 2,910대가 통행한 것으로 나타났으며 주중 평균 3.0 통행을 하는 것으로 나타났음

&lt;표 2-14&gt; 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 일자별 광역권 내 통행수

일자	총 통행수	차량대수	평균 통행수
2017-10-16	1,878	600	3.1
2017-10-17	1,791	586	3.1
2017-10-18	1,722	575	3.0
2017-10-19	1,711	573	3.0
2017-10-20	1,537	576	2.7
주중 총계	8,639	2,910	3.0

## ② 광주광역시 시군구별 광역권 내 통행분포

- 일자별 광주광역시의 시군구별 내부 통행 분포는 아래와 같음
- 총 8,639통행으로 가장 통행이 많은 요일은 월요일로 1,878통행이 분석되었음

&lt;표 2-15&gt; 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 시군구별 내부통행 비율

시군구	동구	서구	남구	북구	광산구	주중 총계
동구	0.17	0.17	0.16	0.31	0.50	1.32
서구	0.19	7.54	0.54	2.45	9.16	19.87
남구	0.20	0.32	0.54	0.41	0.75	2.22
북구	0.41	2.51	0.51	4.95	7.06	15.44
광산구	0.41	8.75	0.47	7.04	44.47	61.14
주중 총계	1.37	19.30	2.23	15.16	61.94	100.00

&lt;표 2-16&gt; 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 일자별 시군구별 내부통행 대수

일자/시군구	동구	서구	남구	북구	광산구	주중 총계
<b>2017-10-16</b>	17	365	47	261	1,188	1,878
동구	1	2	-	4	4	11
서구	2	138	9	41	164	354
남구	5	5	16	8	17	51
북구	5	47	12	95	116	275
광산구	4	173	10	113	887	1,187
<b>2017-10-17</b>	29	346	36	277	1,103	1,791
동구	3	3	2	7	10	25
서구	4	129	13	46	159	351
남구	5	4	3	6	7	25
북구	9	46	10	93	133	291
광산구	8	164	8	125	794	1,099
<b>2017-10-18</b>	23	343	33	282	1,041	1,722
동구	3	3	3	6	7	22
서구	3	143	7	39	178	370
남구	3	5	8	8	13	37
북구	8	43	8	95	135	289
광산구	6	149	7	134	708	1,004
<b>2017-10-19</b>	19	341	42	250	1,059	1,711
동구	3	-	5	2	9	19
서구	3	142	8	44	153	350
남구	3	7	11	7	14	42
북구	5	42	7	73	119	246
광산구	5	150	11	124	764	1,054
<b>2017-10-20</b>	30	272	35	240	960	1,537
동구	5	7	4	8	13	37
서구	4	99	10	42	137	292
남구	1	7	9	6	14	37
북구	8	39	7	72	107	233
광산구	12	120	5	112	689	938
<b>주중 총계</b>	<b>118</b>	<b>1,667</b>	<b>193</b>	<b>1,310</b>	<b>5,351</b>	<b>8,639</b>

&lt;표 2-17&gt; 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 일자별 시군구별 내부통행 비율

일자/시군구	동구	서구	남구	북구	광산구	주중 총계
<b>2017-10-16</b>	0.9	19.4	2.5	13.9	63.3	100.0
동구	9.1	18.2	-	36.4	36.4	100.0
서구	0.6	39.0	2.5	11.6	46.3	100.0
남구	9.8	9.8	31.4	15.7	33.3	100.0
북구	1.8	17.1	4.4	34.5	42.2	100.0
광산구	0.3	14.6	0.8	9.5	74.7	100.0
<b>2017-10-17</b>	1.6	19.3	2.0	15.5	61.6	100.0
동구	12.0	12.0	8.0	28.0	40.0	100.0
서구	1.1	36.8	3.7	13.1	45.3	100.0
남구	20.0	16.0	12.0	24.0	28.0	100.0
북구	3.1	15.8	3.4	32.0	45.7	100.0
광산구	0.7	14.9	0.7	11.4	72.2	100.0
<b>2017-10-18</b>	1.3	19.9	1.9	16.4	60.5	100.0
동구	13.6	13.6	13.6	27.3	31.8	100.0
서구	0.8	38.6	1.9	10.5	48.1	100.0
남구	8.1	13.5	21.6	21.6	35.1	100.0
북구	2.8	14.9	2.8	32.9	46.7	100.0
광산구	0.6	14.8	0.7	13.3	70.5	100.0
<b>2017-10-19</b>	1.1	19.9	2.5	14.6	61.9	100.0
동구	15.8	-	26.3	10.5	47.4	100.0
서구	0.9	40.6	2.3	12.6	43.7	100.0
남구	7.1	16.7	26.2	16.7	33.3	100.0
북구	2.0	17.1	2.8	29.7	48.4	100.0
광산구	0.5	14.2	1.0	11.8	72.5	100.0
<b>2017-10-20</b>	2.0	17.7	2.3	15.6	62.5	100.0
동구	13.5	18.9	10.8	21.6	35.1	100.0
서구	1.4	33.9	3.4	14.4	46.9	100.0
남구	2.7	18.9	24.3	16.2	37.8	100.0
북구	3.4	16.7	3.0	30.9	45.9	100.0
광산구	1.3	12.8	0.5	11.9	73.5	100.0
<b>주중 총계</b>	<b>1.4</b>	<b>19.3</b>	<b>2.2</b>	<b>15.2</b>	<b>61.9</b>	<b>100.0</b>

### ③ 광주광역시 읍면동별 발생/도착량

- 읍면동 기준으로 광주광역시 내부통행량의 발생량 및 도착량의 결과는 아래와 같음
- 발생량이 가장 높은 곳은 광주광역시 서구 내방동으로 10.93%이며 도착량은 광산구 오선동이 10.87%로 가장 높게 나타남

<표 2-18> 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 읍면동 기준 발생/도착량 및 발생/도착비율

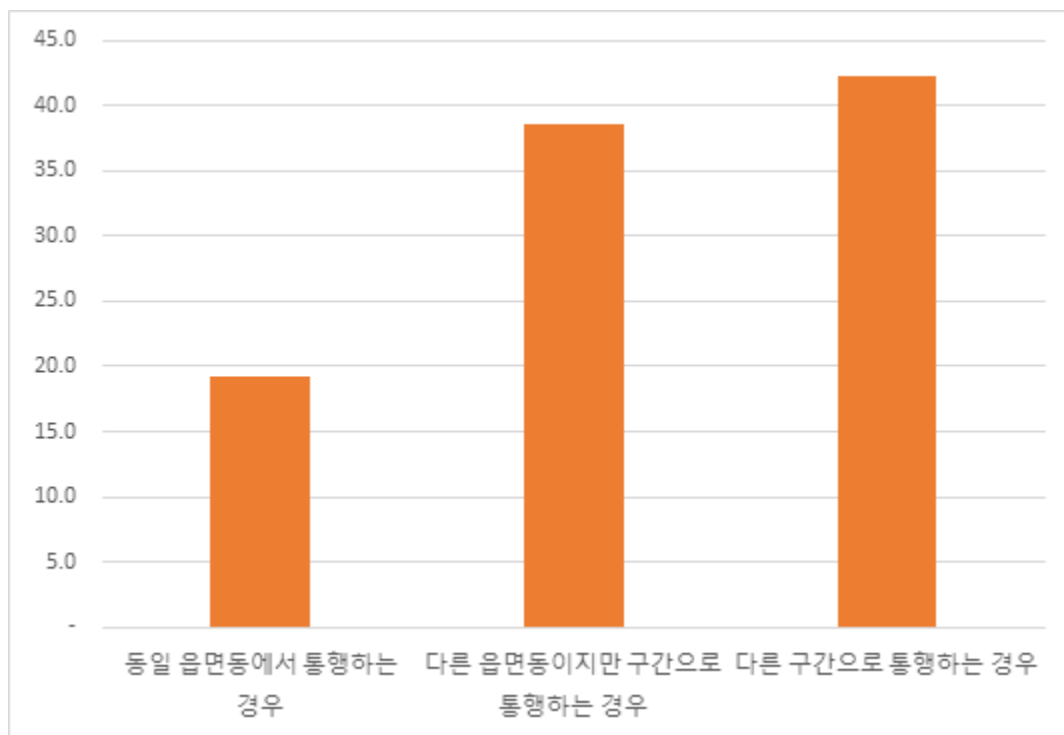
읍면동	발생량	발생비율	읍면동	도착량	도착비율
광주광역시_서구_내방동	1022	10.93	광주광역시_광산구_오선동	1017	10.87
광주광역시_광산구_오선동	982	10.50	광주광역시_서구_내방동	986	10.54
광주광역시_광산구_하남동	712	7.61	광주광역시_광산구_하남동	686	7.33
광주광역시_광산구_도천동	543	5.81	광주광역시_광산구_장덕동	578	6.18
광주광역시_광산구_장덕동	538	5.75	광주광역시_광산구_도천동	559	5.98
광주광역시_광산구_소촌동	475	5.08	광주광역시_광산구_옥동	453	4.84
광주광역시_광산구_옥동	452	4.83	광주광역시_광산구_소촌동	445	4.76
광주광역시_광산구_안청동	345	3.69	광주광역시_광산구_안청동	334	3.57
광주광역시_북구_월출동	255	2.73	광주광역시_북구_월출동	262	2.80
광주광역시_서구_매월동	231	2.47	광주광역시_광산구_월전동	231	2.47
광주광역시_광산구_월전동	229	2.45	광주광역시_광산구_운수동	228	2.44
광주광역시_북구_양산동	202	2.16	광주광역시_북구_연제동	222	2.37
광주광역시_서구_쌍촌동	182	1.95	광주광역시_서구_쌍촌동	207	2.21
광주광역시_광산구_용동	178	1.90	광주광역시_서구_매월동	196	2.10
광주광역시_북구_연제동	174	1.86	광주광역시_북구_양산동	182	1.95
광주광역시_광산구_운수동	166	1.77	광주광역시_광산구_용동	180	1.92
광주광역시_북구_일곡동	129	1.38	광주광역시_북구_일곡동	127	1.36
광주광역시_광산구_우산동	118	1.26	광주광역시_광산구_송정동	105	1.12
광주광역시_광산구_신창동	91	0.97	광주광역시_광산구_우산동	104	1.11
광주광역시_광산구_월계동	70	0.75	광주광역시_광산구_신창동	80	0.86
광주광역시_광산구_송정동	68	0.73	광주광역시_광산구_월계동	71	0.76
광주광역시_북구_문흥동	63	0.67	광주광역시_광산구_신가동	61	0.65
광주광역시_북구_오룡동	61	0.65	광주광역시_서구_풍암동	60	0.64
광주광역시_광산구_신가동	61	0.65	광주광역시_북구_오룡동	60	0.64
광주광역시_광산구_진곡동	59	0.63	광주광역시_광산구_비아동	59	0.63
광주광역시_서구_풍암동	58	0.62	광주광역시_북구_대촌동	56	0.60
광주광역시_광산구_산정동	55	0.59	광주광역시_북구_문흥동	51	0.55
광주광역시_광산구_비아동	54	0.58	광주광역시_서구_치평동	48	0.51
광주광역시_북구_용봉동	53	0.57	광주광역시_북구_용봉동	48	0.51
광주광역시_남구_송하동	52	0.56	광주광역시_북구_각화동	48	0.51

## ④ 광주광역시 광역권 내 통행패턴 분석결과

- 광주광역시 내에서 실제 차량의 통행패턴을 3가지로 구분하여 준별 통행비율을 확인한 결과 아래 <표 2-19>과 같음
- 차량의 각 통행 패턴은 같은 읍면동 내에서 통행하는 경우와 다른 읍면동이지만 같은 시군구 내에서 통행하는 경우, 광주광역시 내 다른 시군구로 통행하는 경우 등 총 3가지로 구분하였음
- 그 결과 다른 시군구로 통행하는 경우가 전체 중 42.3%로 가장 높았음

&lt;표 2-19&gt; 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 통행패턴 분석결과

통행패턴	내용	통행수	비율(%)
1	동일 읍면동에서 통행하는 경우	1,657	19.2
2	다른 읍면동 간 통행하는 경우	3,326	38.5
3	다른 시군구로 통행하는 경우	3,656	42.3
전체		8,639	100.0



&lt;그림 2-13&gt; 광주광역시 통행패턴 분석결과 비율(%)



#### 4) 광주광역시 중대형 화물자동차 트립체인 분석결과

##### ① 트립체인 분석 기준

- 광주광역시 내에서 차량기준의 통행특성을 확인하기 위하여 트립체인을 분석하였음
- 시간적 범위는 일주일 중 2017년 10월 18일 수요일 하루를 기준으로 분석하였음
- 트립체인 분석은 광주광역시 내에서만 통행하는 차량에 한해 통행패턴을 확인하였으며, 자료의 특성상 차량의 궤적정보가 아닌 읍면동을 기준으로 통행으로 가정하였음

##### ② 통행량 및 유형분석

- 2017년 10월 18일 수요일 자료를 기준으로 차량별 각 통행별 패턴을 구분하고 통행수에 따라 분석한 결과는 아래와 같음
- 1일 기준 1회 통행을 하는 비중이 46.3%로 가장 높았으며, 그 다음으로 2회 통행이 18.8%로 높았음

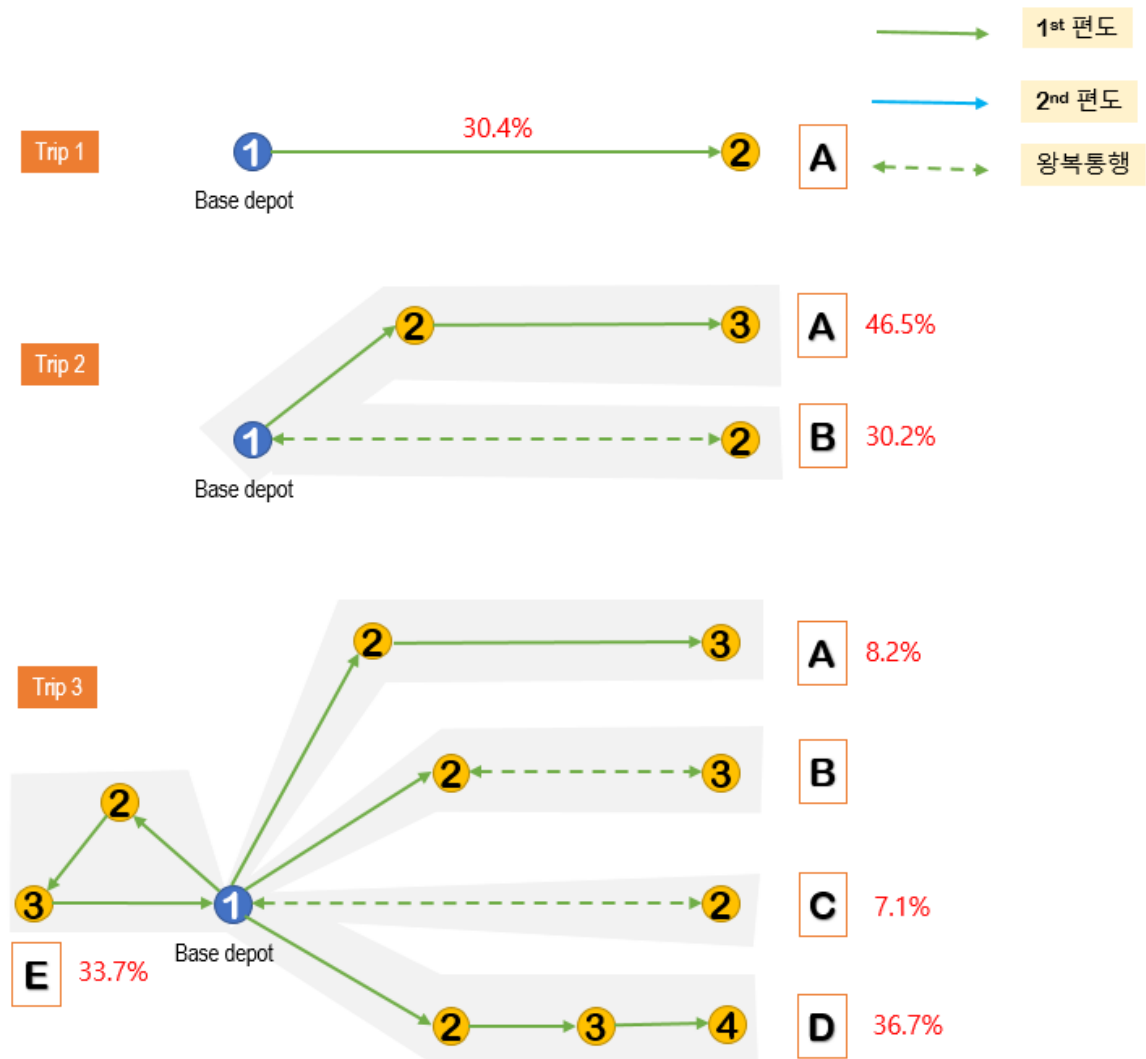
<표 2-20> 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 총 통행별 통행량 및 통행비율

총 통행(통행)	통행량(대/일)	비율(%)	누적율(%)
1	266	46.3	46.3
2	108	18.8	65.0
3	61	10.6	75.7
4	33	5.7	81.4
5	29	5.0	86.4
6	19	3.3	89.7
7	9	1.6	91.3
8	6	1.0	92.3
9	7	1.2	93.6
10	6	1.0	94.6
11	8	1.4	96.0
12	4	0.7	96.7
13	8	1.4	98.1
14	1	0.2	98.3
15	1	0.2	98.4
16	4	0.7	99.1
17	0	-	99.1
18	2	0.3	99.5
19	0	-	99.5
20통행 이상	3	0.5	99.8
합계	575	100.0	100.0

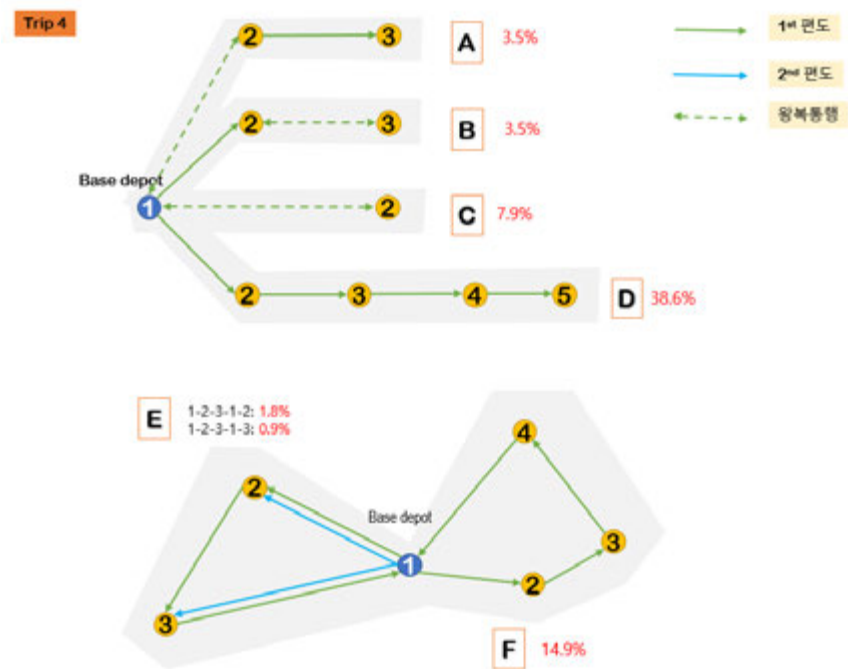
- 총 통행수를 기준으로 1일 기준 4통행을 하는 경우가 114대/일로 나타났으며, 그 중 모두 다른 읍면동을 통행한 “1-2-3-4-5” 유형이 38.6%로 가장 많은 것으로 나타남

<표 2-21> 영업용화물자동차 운행기록자료기준 1일기준 트립체인 유형

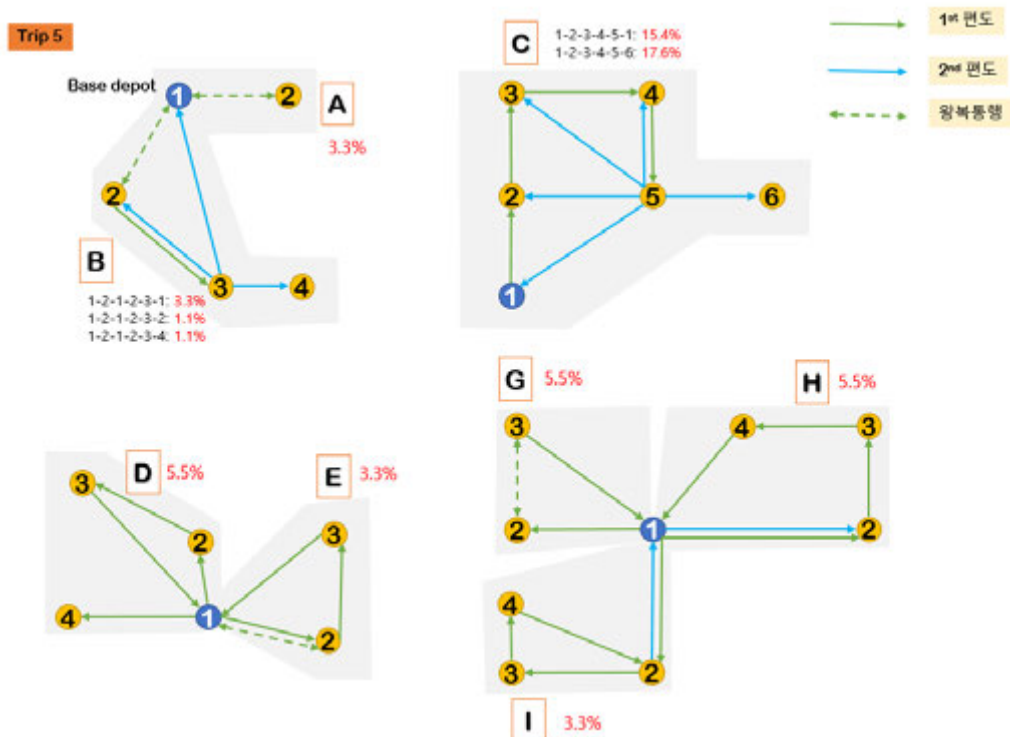
통행수	트립체인 패턴	통행량(대/일)	비율(%)
1통행	합계	23	100
	1-1	16	69.6
	1-2	7	30.4
2통행	합계	43	100
	1-1-1	6	14.0
	1-1-2	1	2.3
	1-2-1	13	30.2
	1-2-2	3	7.0
	1-2-3	20	46.5
3통행	합계	98	100
	1-1-1-1	3	3.1
	1-1-2-1	3	3.1
	1-1-2-3	8	8.2
	1-2-1-1	3	3.1
	1-2-1-2	7	7.1
	1-2-2-1	2	2.0
	1-2-2-3	1	1.0
	1-2-3-1	33	33.7
	1-2-3-2	1	1.0
	1-2-3-3	1	1.0
	1-2-3-4	36	36.7
4통행	합계	114	100
	1-1-1-1-1	1	0.9
	1-1-1-2-1	4	3.5
	1-1-2-1-1	1	0.9
	1-1-2-2-1	1	0.9
	1-1-2-3-1	2	1.8
	1-1-2-3-4	4	3.5
	1-2-1-2-1	9	7.9
	1-2-1-2-2	1	0.9
	1-2-1-2-3	4	3.5
	1-2-2-2-2	1	0.9
	1-2-2-2-3	1	0.9
	1-2-2-3-1	1	0.9
	1-2-2-3-4	1	0.9
	1-2-3-1-1	1	0.9
	1-2-3-1-2	2	1.8
	1-2-3-1-3	1	0.9
	1-2-3-2-1	1	0.9
	1-2-3-2-3	4	3.5
	1-2-3-3-1	1	0.9
	1-2-3-3-2	2	1.8
	1-2-3-3-4	6	5.3
	1-2-3-4-1	17	14.9
	1-2-3-4-2	2	1.8
	1-2-3-4-3	2	1.8
	1-2-3-4-5	44	38.6



<그림 2-14> 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 광역권 내 트립체인 유형(1통행 ~3통행)



<그림 2-15> 영업용화물자동차 운행기록자료의 광주광역시 광역권 내  
트립체인 유형(4통행)



<그림 2-16> 영업용희물자동차 운행기록자료의 광주광역시 광역권 내 주요  
통행패턴(5통행)



## 제3장 영업용 화물자동차 운행기록자료를 이용한 기종점통행량 구축 방안

---

제1절 연구의 개요

제2절 영업용 화물자동차 운행기록자료 관련  
기존문헌 고찰

제3절 자료구조 분석

제4절 기초자료 분석

제5절 전처리과정 구축

제6절 분석방법론 정립

제7절 통행특성 분석

제8절 기타분석



## 제3장 영업용 화물자동차 운행기록자료를 이용한 기종점통행량 구축 방안

### 제1절 연구의 개요

#### 1. 연구의 배경 및 범위

##### 가. 연구의 배경

- 한국교통안전공단에서는 영업용 화물차에 디지털 운행 기록계(Digital Tachograph, DTG)를 장착하여 주기적으로 화물차의 통행정보를 수집하고 있음
- 현재 수집된 영업용화물자동차 운행기록 데이터는 보관에 용이한 형태로 저장 되어 있어서, 이를 사용하기 위해서는 데이터의 별도 가공이 필요함
- 본 연구에서는 영업용화물자동차 운행기록자료구조를 이해하고, 효율적으로 처리하는 방법론을 정립하여 가공된 결과물을 바탕으로 통계적 상세분석과 화물차의 통행특성을 분석함

##### 나. 연구의 범위

##### 1) 시간적 범위

- 2017년 10월 16일 ~ 22일
  - 단, 상세한 통계 분석은 2017년 10월 18일 수요일 오전 6시부터 2017년 10월 19일 오전 6시 이전의 자료로 분석을 진행함

##### 2) 공간적 범위

- 제주도를 포함한 전국을 대상으로 함



## 2. 연구의 내용

### 가. 영업용 화물자동차 운행기록자료 관련 기존문헌 고찰

- 국내외 영업용 화물자동차 운행기록자료를 활용한 통행분석, 기종점통행량 구축 방법론 연구 검토

### 나. 자료구조 분석

- 월별 영업용화물자동차 운행기록자료의 파일 시스템 구조를 분석
- 각 자료의 주요 항목을 구분하여 코드 매칭 및 분석

### 다. 기초 분석

- 자료의 전처리를 진행하기 전에 전체적인 영업용화물자동차 운행기록자료의 특성을 파악하기 위해 원시자료의 주요 항목에 대한 통계적 분석을 진행함
- 영업용화물자동차 운행기록자료의 화물자동차 정보를 통해 유형별, 속도별, 시간대 분포분석

### 라. 전처리과정 구축

- 전처리에 필요한 다양한 기법들에 대한 개념을 정의하고 이를 구현하는 방법 연구
- 자료를 통계적 분석에 사용할 수 있도록 전처리하는 기법 연구
- 개발된 전처리 소프트웨어를 바탕으로 로그 자료에 대한 기본적인 통계 자료 추출
- 영업용화물자동차 운행기록자료 분석 및 폴리곤 생성에서 발생하는 유형별 오류를 구분하고 해결방안 제시

### 마. 분석 방법론 정립

- 통행기준을 위한 정차시간 및 이동거리 분포 확인하여 통행 추출 알고리즘 개발
- 슬라이딩 윈도우 기법을 활용한 통행정의 설정
- 휴게소, 졸음쉼터 등의 중간 정차 통행추출을 위한 폴리곤 정의 및 생성

#### 바. 통행특성 분석

- 총 통행수 및 지역별 발생량 및 도착량 분석
- 영업용 화물자동차의 지역별 기종점통행량 구축결과
- 1일 및 1주일 통행 분석
- 트립체인 분석결과

#### 사. 기타분석

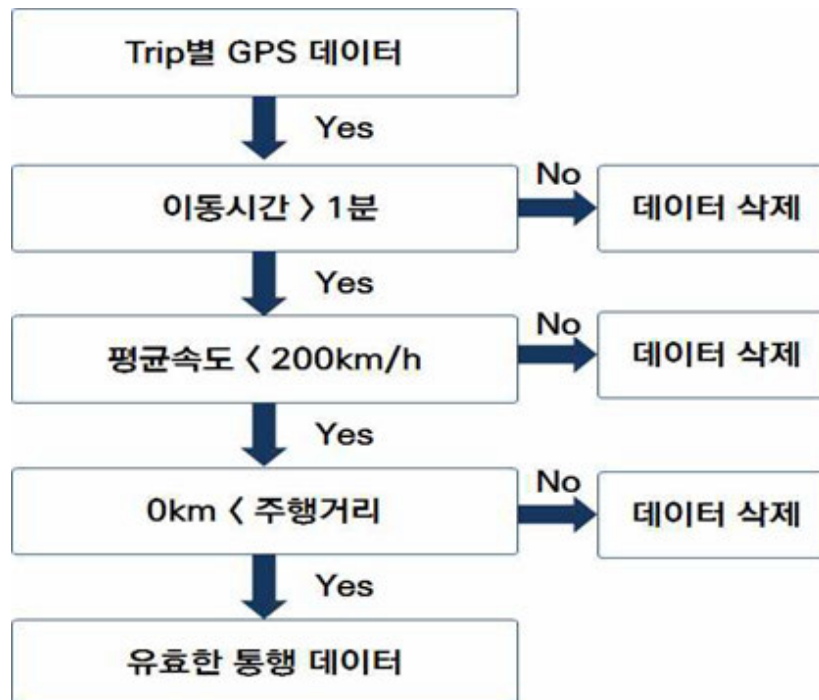
- 전국의 물류거점 유형을 구분하여 화물자동차의 현황 및 자료 추출
- 물류거점별 발생량 및 도착량 분석
- 물류거점 시도별 시군구별 통행량 분포 분석
- 영업용화물자동차 운행기록 자료를 활용한 고속도로 휴게소 이용패턴 분석

## 제2절 영업용 화물자동차 운행기록자료 관련 기존문헌 고찰

### 1. 첨단교통자료를 활용한 교통지표 DB 구축(2)(한국교통연구원)(2016)

- 화물차 영업용화물자동차 운행기록 정보의 다양한 활용을 위한 DB 구축 및 화물자동차의 교통안전 분야의 DT G활용을 통해 화물자동차의 교통안전 방안을 검토하는 것을 목적으로 하였음
- 화물차 영업용화물자동차 운행기록 정보 DB 구축의 공간적 범위는 전국이며, 국내 영업용 화물차의 2016년 3월 3째주(13일~19일)의 영업용화물자동차 운행기록자료를 기반으로 하였음
- 영업용화물자동차 운행기록 정보의 DB 구축, 화물자동차의 통행특성 분석 및 활용방안, 화물자동차의 교통사고 특성 및 원인 분석 등 크게 3개의 부문으로 내용적 범위를 구성함
- 영업용화물자동차 운행기록에서 제공하고 있는 주행시간과 주행거리를 이용하여 각 개별화물차에 부여된 Trip\_id를 기준으로 출발시각과 도착시각, 순간속도의 평균, 출발주행거리, 도착주행 거리를 계산함
- 통행의 특성을 분석하기 위해서 추출해낸 정보의 특성은 아래와 같음
  - 출발시각 : car\_req\_no와 trip\_id를 기준으로 최초 출발시각 추출
  - 도착시각 : car\_req\_no와 trip\_id를 기준으로 최종 도착시각 추출
  - 이동시간 : 도착시간 - 출발시간 (milisecond 단위)
  - 출발주행 거리 : car\_req\_no와 trip\_id를 기준으로 최초 출발거리 추출
  - 도착주행 거리 : car\_req\_no와 trip\_id를 기준으로 최종 도착거리 추출
  - 총 주행거리 (km) : (도착주행 거리 - 출발주행 거리)
  - 평균속도 (km/h) 거리)/(이동시간 /3600/100)

- 전체 화물차를 통행 별로 정리한 후 데이터에서 유효통행을 추출하는 과정을 수행함
- 1단계로 이동시간이 1분이 되지 않는 통행을 삭제하였으며, 2단계로 평균 속도가 시속 200km 이상인 이상치의 값들을 삭제하였으며, 마지막으로 주행거리가 0km인 경우를 제외함
- 유효 통행 추출 과정의 결과 전체 통행 데이터 중에 약 12%의 통행이 삭제되었음



<그림 3-1> 첨단교통자료를 활용한 교통지표 DB 구축 유효 통행 추출 과정

## 2. Synopsis of New Methods and Technologies to Collect Origin/Destination (O-D) Data, HARD, Ed, et al.(2016), FHWA-HEP-16-083

- 모바일 자료, GPS 자료, 블루투스 자료를 통한 기종점통행량 구축 및 활용 가능성을 검토한 연구를 수행함
- 자료별로 수용능력, 표본율, 지역별(도시, 지역, 주) 전체의 범용 가능성, 한계점을 연구함
- GPS자료는 가구통행실태조사와 병행한 GPS 자료, 3자물류 GPS 자료, 민간업체 자료로 구분되어짐
- GPS자료 통행은 정차시간을 통해 주로 추출되어지며, 상업용 차량과 비상업용 차량, 공간적 범위, 차종, 시간, 시간간격, GPS 형태가 주 구분 요소이며, OD분석, 통행행태분석, 일 시간분포 분석이 가능함

O-D Data Element	Technology/Method		
	Cellular	GPS Data Stream	Bluetooth (E-E Only)
Data unit	Cell sighting based on event: call, text, data use/exchange, or network handover	GPS ping; time-stamped coordinate	MAC address of device
Positional accuracy	300 meters (average)	1–10 meters	About a 100 meter range
Data saturation/penetration	Good, but varies	Relatively low	Varies by external station. Ranges from about 3–10 percent.
Sample frequency	Varies widely, in minutes	In seconds or minutes	In seconds
Continuous data stream?	No, random events	Sometimes, but typically pieces of trips captured	Yes, but only in about 100 meters range of reader
How trips and trip ends are estimated and defined	Based on activity points and clusters	Trip based on GPS data stream	MAC address matches between readers. Trip ends cannot be determined.
Anonymization	Encrypted to anonymize individual and device IDs through WISE technology	IDs scrambled and time/distance offsets applied. Actual trip ends may not be provided.	MAC address anonymized at field readers by removal of some digits of address, data aggregated prior to O-D table creation

<그림 3-2> 모바일 자료, GPS 자료, 블루투스 자료 기술적 특성 비교

Suitability by Study and Data Use		Cell Data	Third-Party GPS Data	Comments
External Surveys	E-E trips	limited	✓✓	GPS more comparable to Bluetooth. Limited ability to apply E-E travel time constraints with cell. Several studies have found cell based E-E trips to be low.
	E-I/I-E trips	✓✓	✓	With appropriately-sized TAZs, cell data are best for total trips due to good sample penetration, though GPS may be better for commercial trips.
	Trip purpose	✓	✗	Cell estimates trip purposes based primarily on device's home and work locations. Purpose from GPS data could potentially be imputed based on land use.
	Commuter information	✓	✗	This is valuable information for many urban areas.
	Residency	✓	✗	Resident vs. non-resident splits needed for many models.
	Commercial/Freight	✗	✓	GPS splits O-D data into freight and non-freight sources (cars, apps, and freight categories).
	Demographic information	✓	✗	Based on census tract of the cell device's home location.
	Route information	✗	✓✓	GPS can determine route between O-Ds using waypoints or TMCs.
	Ability to apply travel time constraint	✗	✓	Typically needed to develop E-E trips/matrices.
Corridor Studies	Within urban areas (operational)	✗	✓✓	Cell not well suited due to low positional accuracy.
	Within urban areas (planning, select link analysis)	limited	✓✓	GPS has better positional accuracy, can provide directionality. GPS has ability to constrain data to corridors in urban settings.
	County to county	✓✓	✓	Cell sample size makes it best for total traffic, plus it can inform on residents, visitors, commuters, etc. However, GPS needed for freight. Depends on study objectives.
	Multicounty metro regions	✓✓	✓	
Time Period Options	Between major metro areas	✓✓	✓	
	Hourly or peak hour	✗	✓	Cell's low sampling frequency precludes data in hourly increments. GPS sample size may be low for this short of duration.
	Peak period	✓	✓✓	GPS better suited since it is collected in more frequent time increments.
	15 minute bins	✗	limited	Sample frequency and size probably too small to provide cell data in this time increment, same may be true for GPS
Miscellaneous	Average weekday, weekend, etc.	✓	✓	Either is fine.
	Population/human activity movements	✓✓	✗	Good use of cell data.
	Statewide O-D	✓✓	✓	Cell best due to sample size, but GPS needed for commercial/freight.
	ODME	✓	✓	Cell is best for regional estimations and GPS could work well for urban corridor and/or microsimulation studies.
	Travel time	✗	✓✓	GPS due to good accuracy and frequency of data points.
	Travel speed	✗	✓✓	GPS due to good accuracy and frequency of data points.
	Traffic operations studies	✗	✓✓	GPS due to good accuracy and frequency of data points.
	Freight studies	✗	✓	Current GPS data are biased toward freight. Appears to be promising source for freight planning studies.

&lt;그림 3-3&gt; 연구분야에 따른 모바일 자료, GPS 자료 적합성 비교

8.5	Advantages	Disadvantages
Cellular data	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ease of implementation</li> <li>• Lower cost alternative to traditional O-D data collection</li> <li>• Good data saturation/penetration</li> <li>• Widespread geographic coverage</li> <li>• No limit on study time period (but time periods must be greater than three hours)</li> <li>• No equipment to purchase, deploy, or retrieve</li> <li>• Can estimate resident, non-resident commuter trips</li> <li>• Ability to estimate trip purpose</li> <li>• Good source for E-I/I-E trips with proper TAZ aggregation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concerns for accuracy of data at smaller geographic scales</li> <li>• Inability to provide route at smaller scales</li> <li>• Inability to distinguish between non-commercial and commercial vehicles</li> <li>• Unknowns about how results/outcomes are developed</li> <li>• More apt to collect trip chains and miss short trips</li> <li>• Low sampling frequency</li> <li>• Inability to provide time constrained E-E trips; difficulty in isolating E-E trips</li> </ul>
GPS data	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ease of implementation</li> <li>• Lower cost alternative to traditional O-D data collection</li> <li>• Good spatial and temporal resolution</li> <li>• No equipment to purchase, deploy, or retrieve</li> <li>• Ability to identify routes between trip ends</li> <li>• No limit on study time period</li> <li>• Results can be applied to both urban TAZs and networks</li> <li>• Can distinguish between non-commercial and commercial vehicles</li> <li>• High sampling frequency</li> <li>• Viable source for E-I/I-E commercial trips</li> <li>• Good source for E-E trips, especially commercial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low data saturation/penetration in relation to traffic stream</li> <li>• Current bias toward commercial vehicles</li> <li>• Anonymization reduces accuracy of trip ends</li> <li>• More apt to collecting only portions of trips when navigation session in use; misses portion of trip when navigation turned off</li> </ul>
Bluetooth data	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Collects samples of actual E-E trips</li> <li>• Good for quick smaller scale studies if equipment is available</li> <li>• Data available in real time and/or immediately after study</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Collects point sensor data</li> <li>• Data do not identify trip ends</li> <li>• Inability to collect, E-I/I-E trips; collects E-E data only</li> <li>• Cannot distinguish between non-commercial and commercial vehicles (though these splits can be estimated based on class counts)</li> <li>• Usually requires field work and equipment installation</li> </ul>

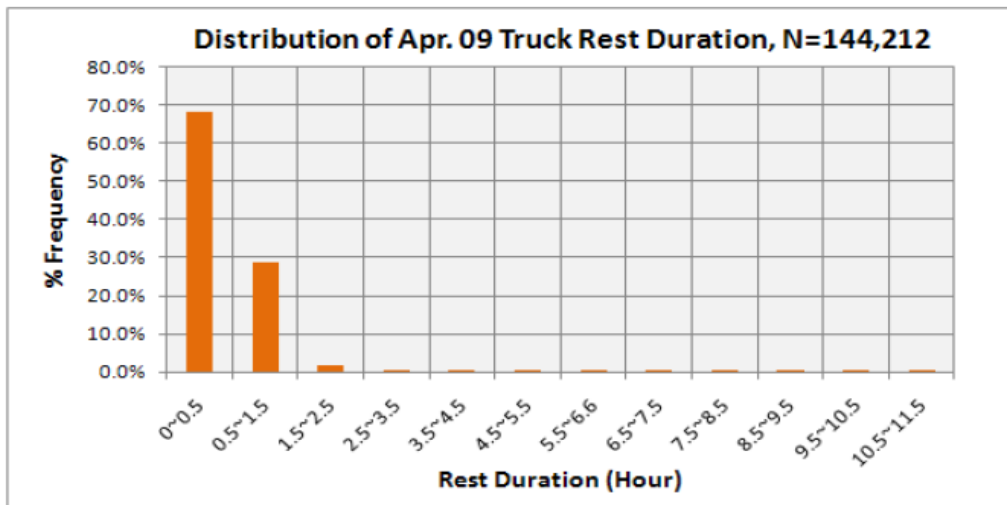
<그림 3-4> 모바일 자료, GPS 자료, 블루투스 자료 장단점 비교

### 3. Using archived truck gps data for freight performance analysis on i-94/i-90 from the twin cities to chicago, Liao, C. F. (2009)

- 미국의 시카고와 트윈시티 사이의 교통축을 GPS 자료를 바탕으로 분석하여 화물 교통계획 및 교통정책 의사결정과정의 다양한 가능성 검토
- 통행의 정지와 휴식시간을 속도 5km/h, 거리 10m 이하로 구분하여 분석함
- 분석결과 휴식시간은 30분 이내 휴식이 68%, 30분~1시간 30분 휴식이 28%를 차지함



<그림 3-5> 미국 시카고-트윈시티 교통축 지점별 화물자동차 도착 통행수

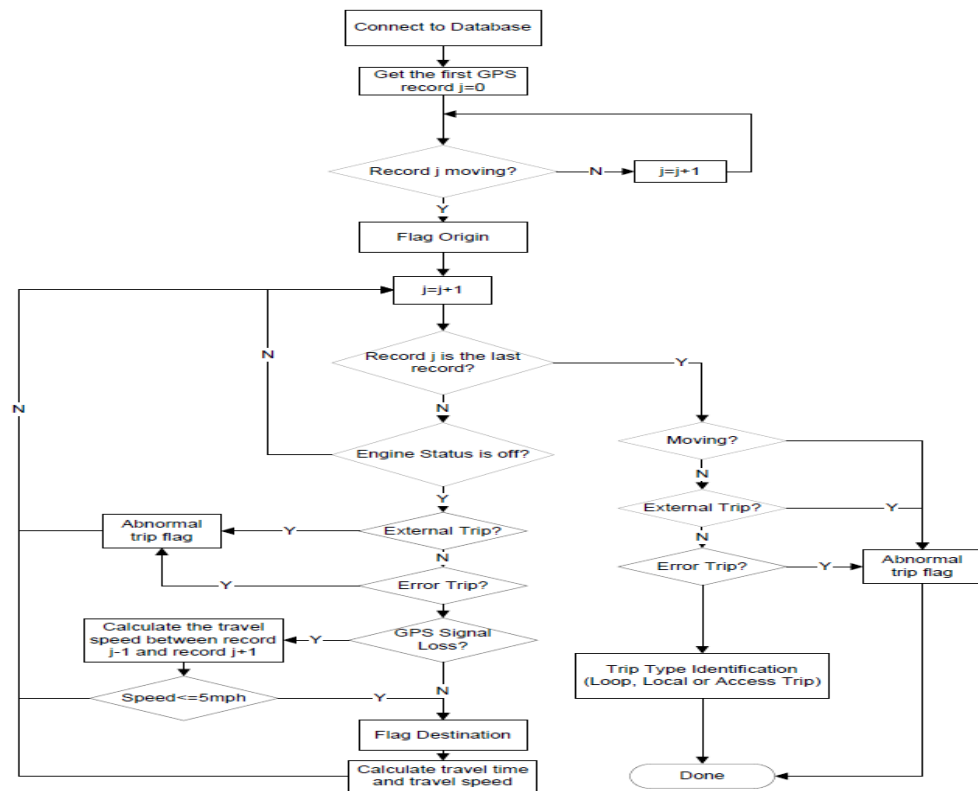


<그림 3-6> 미국 시카고-트윈시티 교통축 화물차 휴게시간 분포

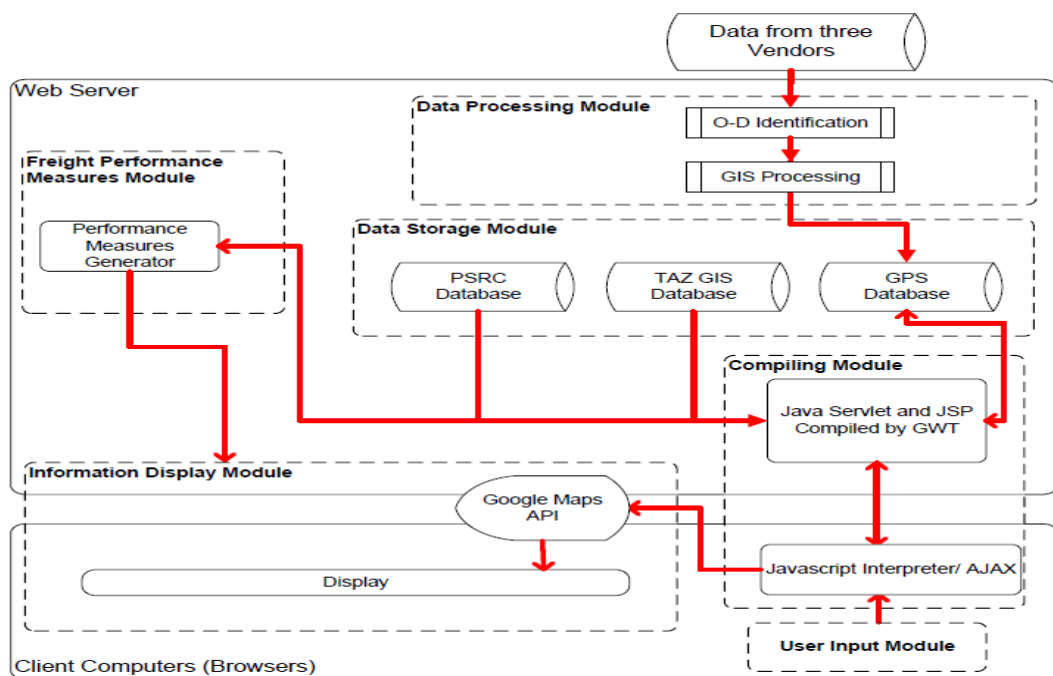
#### 4. Processing commercial global positioning system data to develop a web-based truck performance measures program, Ma, X., McCormack, E. D., & Wang, Y. (2011)

- 미국의 Puset Sound Region 지역의 도로 네트워크 성능평가와 화물차의 정시성 분석 연구를 수행함
- 화물 GPS 자료의 정제과정을 자동화 하고, 화물차의 통행특성 및 기종점통행을 분석 하고, 지도에 맵매칭하는 과정과 화물차 성능 평가 통계지표를 구축함





<그림 3-7> 미국의 Puset Sound Region 지역 GPS 자료 OD 추출과정 알고리즘 흐름도



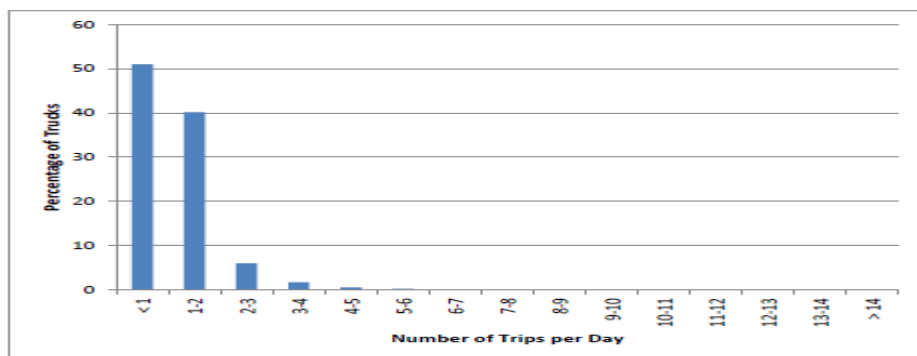
<그림 3-8> 미국의 Puset Sound Region 지역 온라인 화물차 화물 운행지표 시스템 흐름도

## 5. Using Truck Fleet Data in Combination with Other Data Sources for Freight Modeling and Planning, Florida, Dept. of Transportation. Research Center(2014)

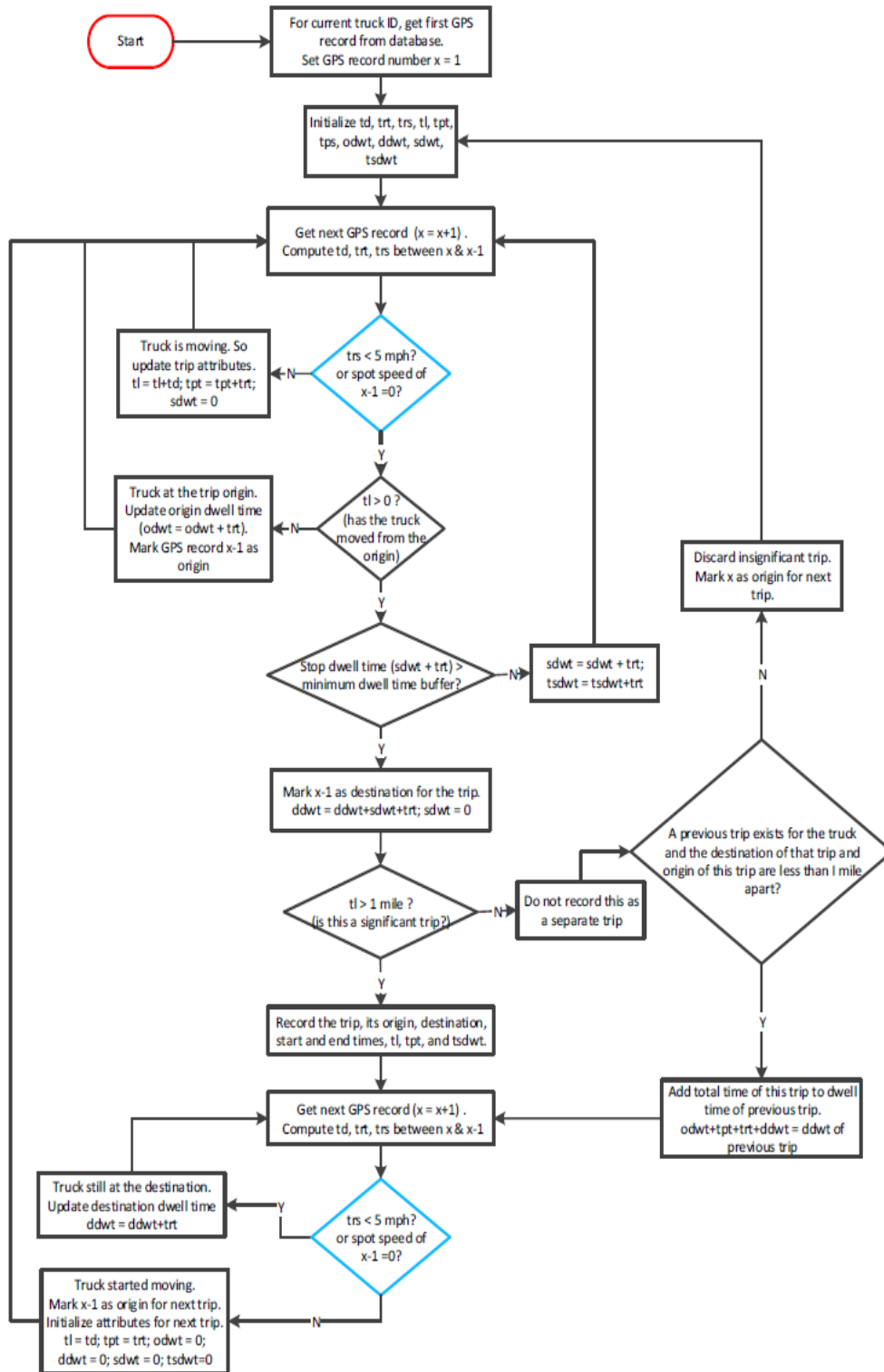
- ATRI (American Transportation Research Institute) GPS 자료를 바탕으로 플로리다주 화물수요 모형을 구축하기 위해 알고리즘을 개발함
- 4개월 1억 4천 5백만 관찰점을 바탕으로 1.2백만 통행을 추출하였음
- 통행 추출과정은 트럭 ID를 바탕으로 날짜와 시간을 맞추어 정리하였고, 통행 종료, 출발, 도착을 정의하였음
- 연속적인 GPS 관찰점을 통해 공간적인 움직임, 시간 간격, 속도, 거리를 추출하였으며, 최소 정차시간 정의, 매우 작은 통행 제거 또는 포함 정의, 큰 시간간격과 불완전 통행을 통해 이상치를 제거하였음
- 휴게소, 주차장, 주유소 통행 종료를 제거하였으며, 왕복통행 및 다수통행을 고려하여 통행을 추출하였음

Number of Trips from ATRI Data	# OD Pairs Based on All Trips from ATRI Data with & without Spot Speeds	# OD Pairs Based on Trips from ATRI Data with Spot Speeds	All Trips from ATRI Data with Spot Speeds with at Least One End in Florida
1-5	286,579	110,269	68,128
5-10	18,059	7,297	3,864
10-20	11,166	4,543	1,860
20-30	4,026	1,512	495
30-40	2,143	764	243
40-50	1,219	412	132
>=50	4,134	1,341	367
Total	327,326	126,138	75,089

<그림 3-9> 플로리다 주 GPS 자료 기반 화물차 통행수



<그림 3-10> 플로리다 주 GPS 자료 기반 화물차 하루 통행비율



<그림 3-11> 플로리다 주 GPS 원시자료에서 통행 추출 알고리즘

## 6. Mining freight truck's trip patterns from GPS data, Huang, J., et al. (2014)

- 화물차의 효율적인 모니터링을 위해 중국의 3자 물류회사 회사 트럭 14,654대, 6개월 GPS 자료를 바탕으로 통행 행태를 분석함
- 군집분석 방법론을 사용하였고, 화물차의 휴식일 분석, 지역 간 통행 분석, 출발 및 도착 시점 분석, 통행경로 분석을 수행하였음
- 통행 추출과정은 적재, 하역, 휴식 기준은 2시간으로 한정하였고, 30분 이상 GPS 자료 불연결은 통행 소멸, 데이터 지속시간은 1시간 미만, 속도 120km/h 초과는 유효 통행으로 허용하지 않았음

Field	Sample	Memo
truck ID	7077BPGFSU	
Longitude	115839512	$10^{-6}$ Degree
Latitude	31814818	$10^{-6}$ Degree
Mileage	30913	$10^{-1}$ Kilometre
Speed	0	KM/h
Direction	50	0 to 359 Degree, north is 0
Height	0	Height above sea level
Time	14-5-30 0:1:23	

<그림 3-12> 중국 화물자동차 운행기록계 자료구조

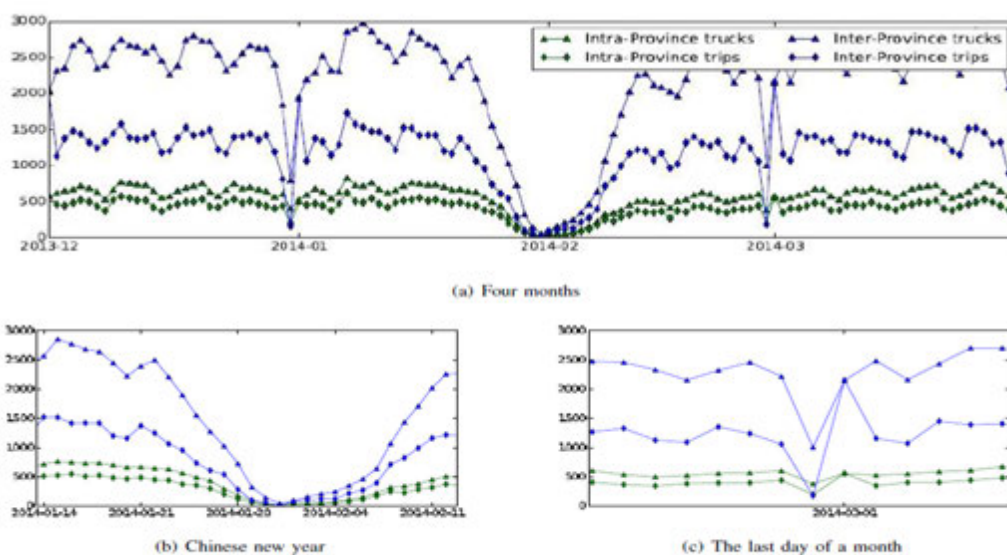
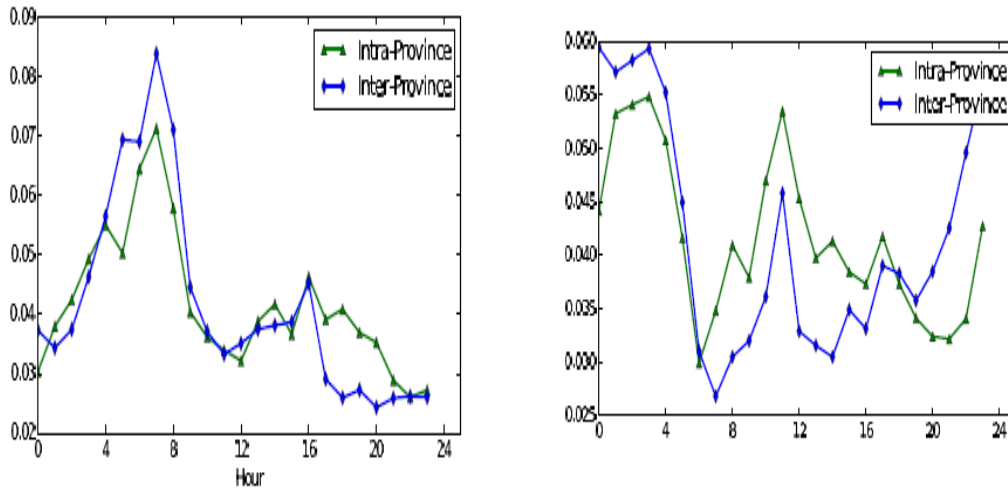


Fig. 2. Trip and Freight truck number over days

<그림 3-13> 중국 화물자동차 운행기록계 월별, 특정일 지역 간 및 지역 내 통행 분석



<그림 3-14> 중국 화물자동차 운행기록계 지역 간 및 지역 내 통행을 하루 통행 출발 및 도착 시점

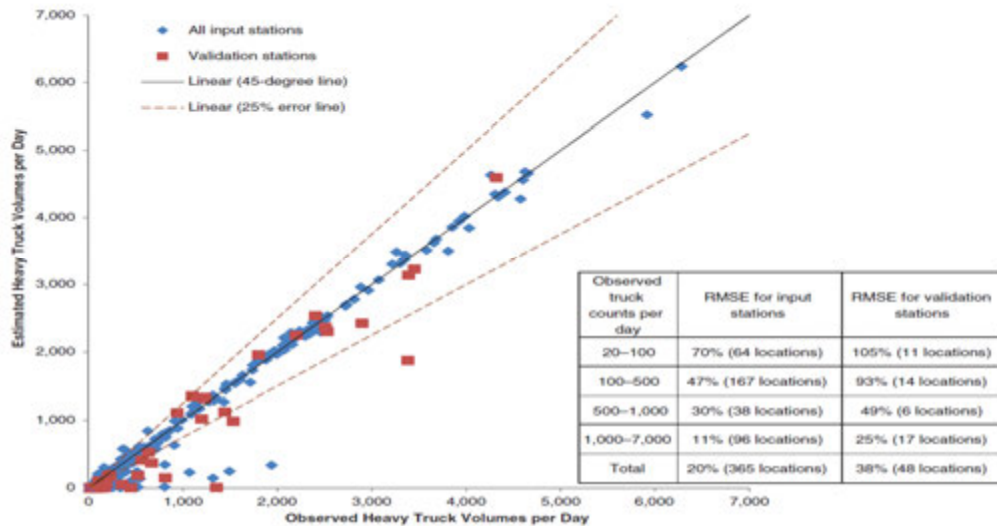
## 7. Estimation of Statewide Origin - Destination Truck Flows From Large Streams of GPS Data Application for Florida Statewide Model, ZANJANI, Akbar Bakhshi, et al.(2015)

- 플로리다 주 GPS 자료를 통해 구축된 통행자료를 바탕으로 기종점통행량 자료를 구축하는 과정을 연구함
- GPS 자료의 차종구성 비율, 관측교통량 대비 지점 GPS자료 통행 구성 비율, 공간 지리적 표본 비율 등을 파악하여 관측교통량 기반으로 기종점통행량을 추출(ODME)하는 과정을 수행함

Facility Type	Number of TTM Stations (%)	Truck Traffic Volume		
		Observed (Classes 8-13) [number (%)]	ATRI Data [number (%)]	Coverage (%)
Freeways and expressways	29 (18.1)	1,063,765 (65.6)	111,608 (68.3)	10.5
Divided arterials	64 (40.0)	333,791 (20.6)	30,472 (18.6)	9.1
Undivided arterials	52 (32.5)	101,066 (6.2)	6,969 (4.3)	6.9
Collectors	8 (5.0)	42,164 (2.6)	5,127 (3.1)	12.2
Toll facilities	7 (4.4)	80,493 (5.0)	9,291 (5.7)	11.5
Total	160 (100)	1,621,279 (100)	163,467 (100)	10.1

NOTE: Traffic volumes are for May 9-15, 2010.

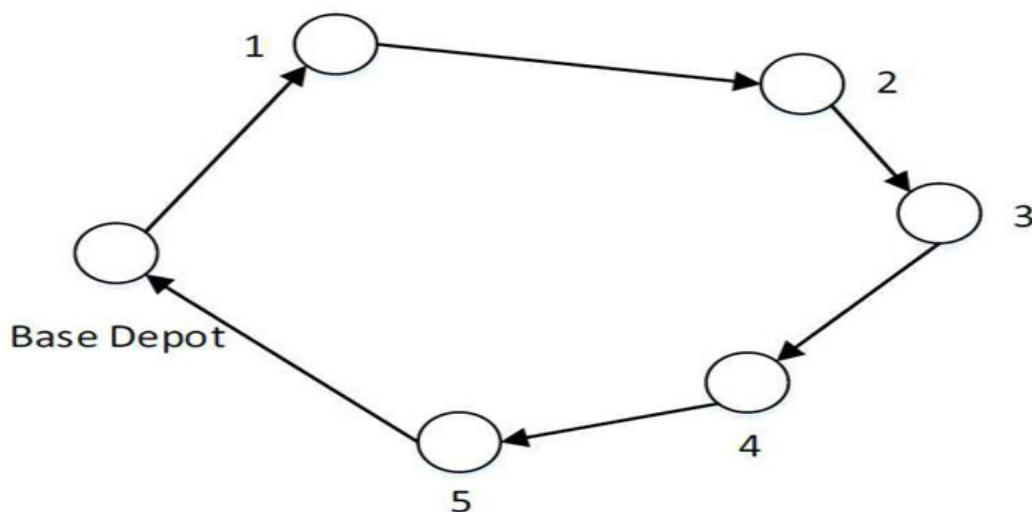
<그림 3-15> 미국 플로리다주 관측교통량 대비 GPS 자료 표본 비율



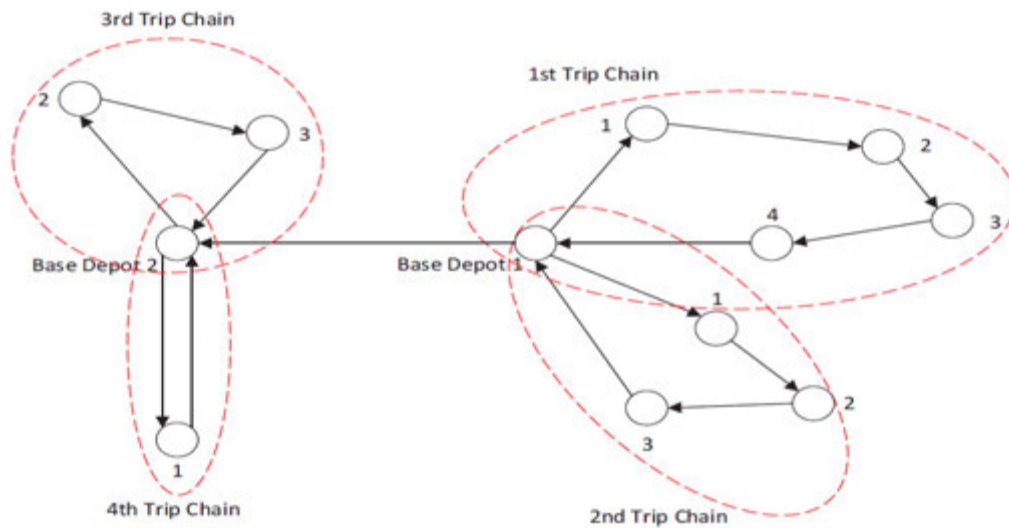
<그림 3-16> 미국 플로리다주 관측교통량과 추정교통량 비교

## 8. Approach with GPS Data Understanding Freight Trip-Chaining Behavior Using a Spatial Data-Mining, Ma, Xiaolei, et al.(2016)

- 데이터 마이닝 기법 알고리즘을 구축하여 통행을 정의하고 군집분석을 수행하여 통행 사슬 행태 분석을 수행하였고, 3일간 GPS 데이터를 활용하여 51% 트럭을 통행사슬 형태로 구축하였으며, 4개의 통행사슬 형태가 구축되었음
- 통행의 정의는 고속도로 휴게소, 과적단속지점에서의 정차는 제거하였으며, 최소 시간 간격은 1시간, 대기시간은 3분, 50m 간격안에 있는 것은 하나의 지점으로 정의하였음



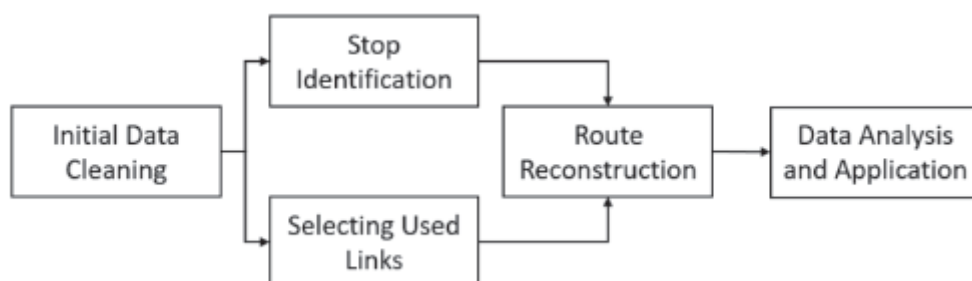
<그림 3-17> Ma, Xiaolei 연구의 통행사슬 정의



<그림 3-18> Ma, Xiaolei 연구의 다수 통행 사슬 예시

## 9. Expanding the Uses of Truck GPS Data in Freight Modeling and Planning Activities, Camargo, P., et al.(2017)

- 화물차의 GPS 자료를 바탕으로 맵매칭 알고리즘을 활용하여 화물 수요 모형 및 화물 교통계획의 활용 가능성을 검토함
- 통행의 정의 과정은 휴게소, 주요소 정차 통행, 속도 8km 이하, 805m 이하, 5분이하 통행은 배제하는 과정을 거침
- 시간대별 분석, 경로분석, Select-OD 분석, 경로시각화 분석을 활용방안으로 제시함



<그림 3-19> 미국 애리조나주 GPS 자료 맵매칭 과정



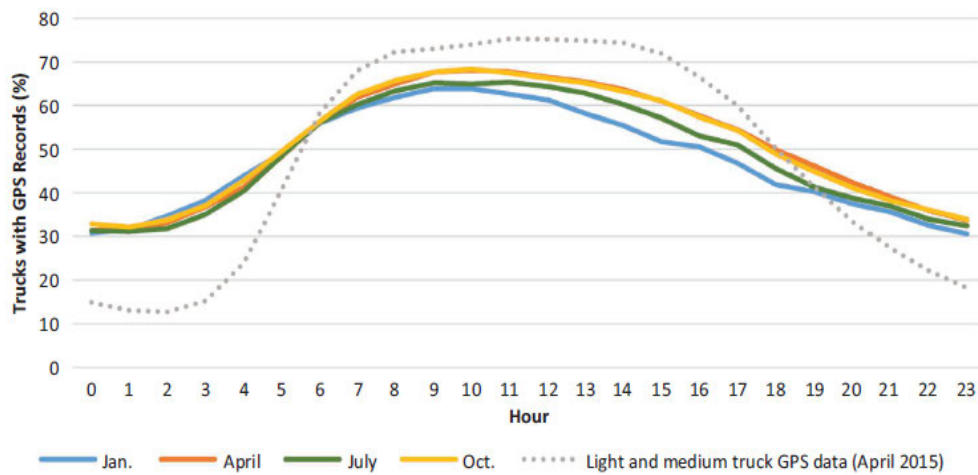


(a)



(b)

&lt;그림 3-20&gt; 미국 애리조나주 GPS 자료 활용한 교통량 흐름

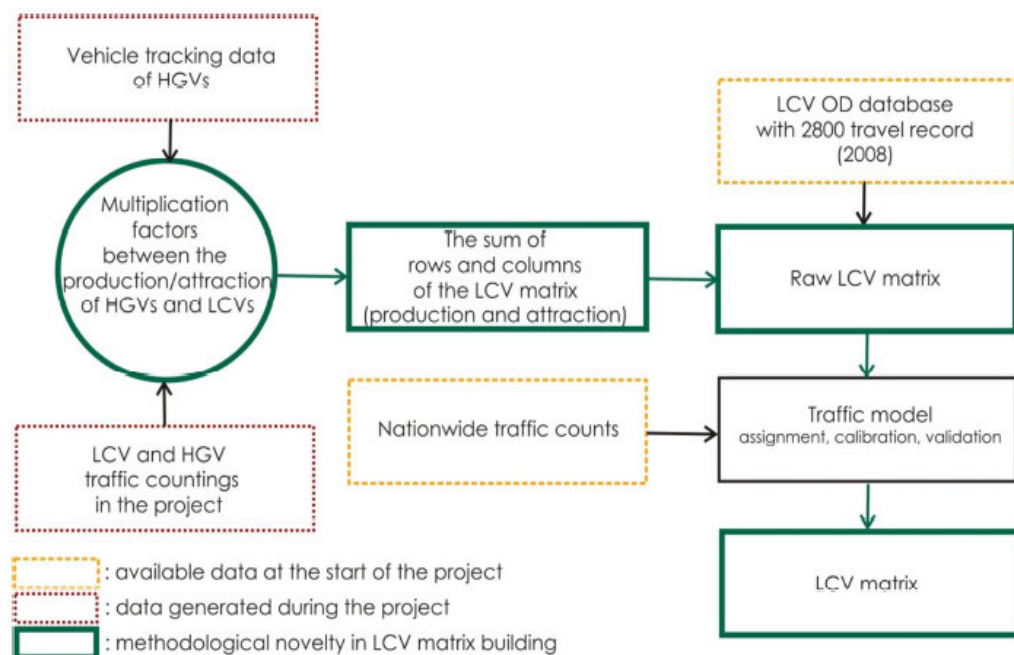


&lt;그림 3-21&gt; 미국 애리조나주 GPS 자료 활용한 시간대별 분석



## 10. Estimating a light commercial vehicle OD matrix based on the vehicle tracking data of heavy good vehicles, András Szele(2018)

- 소형화물차가 수요 추정하기에 중대형 화물차에 어려움
- 과거 설문 조사된 소형화물차 2,800대와 중대형 화물차 GPS 빅데이터를 바탕으로 연계하여 수요추정하는 연구를 수행함



<그림 3-22> 헝가리의 중대형 화물차 소형 화물차 기종점통행량 추정과정

### 제3절 자료구조 분석

#### 1. 자료구조

- 2017년 10월 한달간의 영업용화물자동차 운행기록자료는 특정 차량의 디지털운행기록계(DTG) 장치에서 발생하는 로그 자료가 초 단위로 순차 TEST로 기록되어 있음
  - 초 단위 기록 데이터: 8.75 백억 줄
  - 고유한 자동차 등록 번호 개수: 132,979 대
  - 20개의 항목으로 구성됨

<표 3-1> 영업용화물자동차 운행기록(DTG) 원시자료구조

항목	설명	예시
trip_key	키	C-125901568017101206094700
dtg_model	운행기록장치 모델명	XDT1000
car_vin	차대번호	XXXXXXX301795
car_type	자동차 유형	11
car_no	자동차 등록번호	-1259015680
trans_reg_no	운송사업자 등록번호	XXXXXX47349
driver_code	운전자 코드	0000001
tachmeter_day	일일 주행거리	0000
tachmeter	누적 주행거리	0268897
speed	차량 속도	000
rpm	10분당 엔진회전수	0393
break_on	브레이크 신호	0
x	차량위치 X	127075626
y	차량위치 Y	037052681
azimuth	GIS 방위각	000
vx	가속도 Vx	+001.0
vy	가속도 Vy	+001.0
status	통신상태코드	11
region_code	운행지역코드	41
datetime	정보 발생 일시	17101206094700

## 2. 자료 주요항목 설명

- 키 (trip\_key)
  - 키는 특정 문자 (예시: C), 자동차 등록번호, 정보 발생 일시를 단순 결합한 형태로 만들어져 있음
- 차대번호 (car\_vin)
  - 차량식별번호를 나타내며 뒤 6자리를 제외한 나머지 부분이 X 문자로 대체되어 있음
- 자동차 유형 (car\_type)
  - 자동차 유형을 숫자(0, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 31, 32, 41)로 나타냄
  - 자동차 유형의 분포는 11, 16, 21, 31 의 코드를 가진 차량이 전체의 85% 이상을 차지하며 향후 분석에서는 31 및 32 코드만 사용
- 자동차 등록번호 (car\_no)
  - 실제 자동차 등록번호와 일치하지는 않으며, 암호화 되어 있으며 이는 원시자료를 처리 할 때, 자동차를 식별하는 기본 키(primary key)로 사용함
- 운전자 코드 (driver\_code)
  - 영업용화물자동차 운행기록자료 입력 당시 운전자를 특정할 수 있는 코드로 일정하지 않은 비정형의 문자와 숫자의 조합(0000001, D000001 등)으로 저장되어 있음
- 일일 주행거리 (tachmeter\_day)
  - 차량의 당일 주행 거리가 기록되어 있으며, 장비 오류 등의 이유로 인하여 값이 누락되는 경우가 존재함
- 차량 위치 X (x)
  - 영업용화물자동차 운행기록 장비의 작동 시작 이후 GPS를 통해 측정된 차량위치를 저장한 데이터로 9자리의 숫자로 저장되어 있으며, 해당 값을 106으로 나누면 경위도 좌표계(Geodetic longitude and latitude)의 경도에 해당하는 값이 계산됨

- 차량 위치 Y (y)
  - 영업용화물자동차 운행기록 장비의 작동 시작 이후 GPS를 통해 측정된 차량위치를 저장한 데이터로 9자리의 숫자로 저장되어 있으며, 해당 값을 106으로 나누면 경위도 좌표계(Geodetic longitude and latitude)의 위도에 해당하는 값이 계산됨
- 운행지역코드 (region\_code)
  - 차량 위치 X, 차량 위치 Y를 바탕으로 영업용화물자동차 운행기록 기기 자체적으로 분석한 차량의 현재 위치를 2자리 코드로 기록됨

&lt;표 3-2&gt; 디지털운행기록계(DTG)의 운행지역 코드

코드	지역명
11	서울
26	부산
27	대구
28	인천
29	광주
31	대전
36	울산
41	세종
42	경기
43	강원
44	충북
45	충남
46	전북
47	경북
48	경남
50	제주

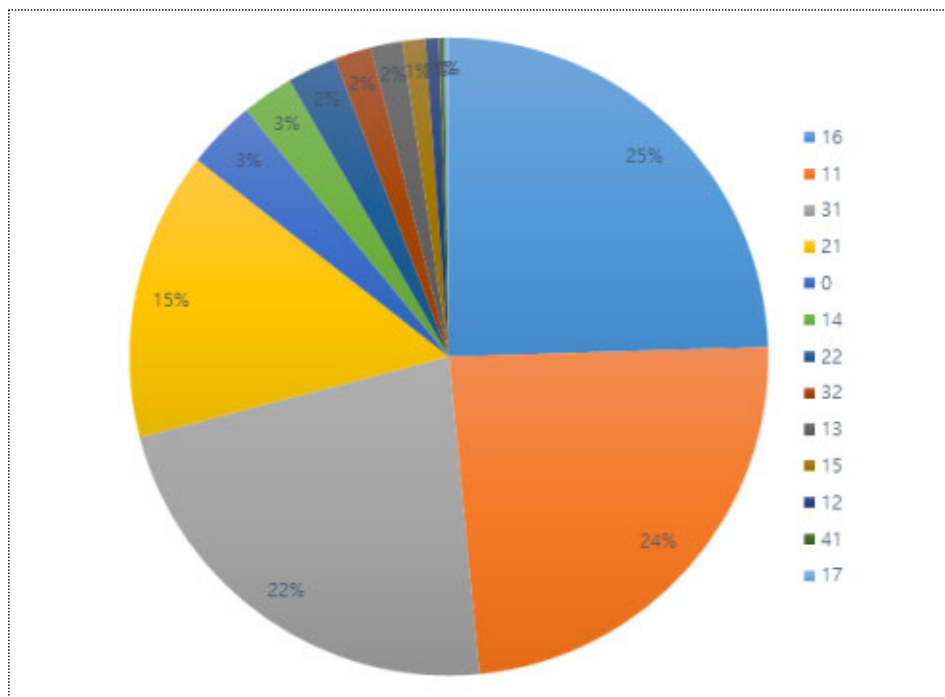
## 제4절 기초자료 분석

### 1. 원시기초자료 분석

- 자료의 전처리를 진행하기 전에 전체적인 영업용화물자동차 운행기록자료의 특성을 파악하기 위해 원시자료의 주요항목에 대한 통계적 분석을 진행함

#### 가. 자동차 유형

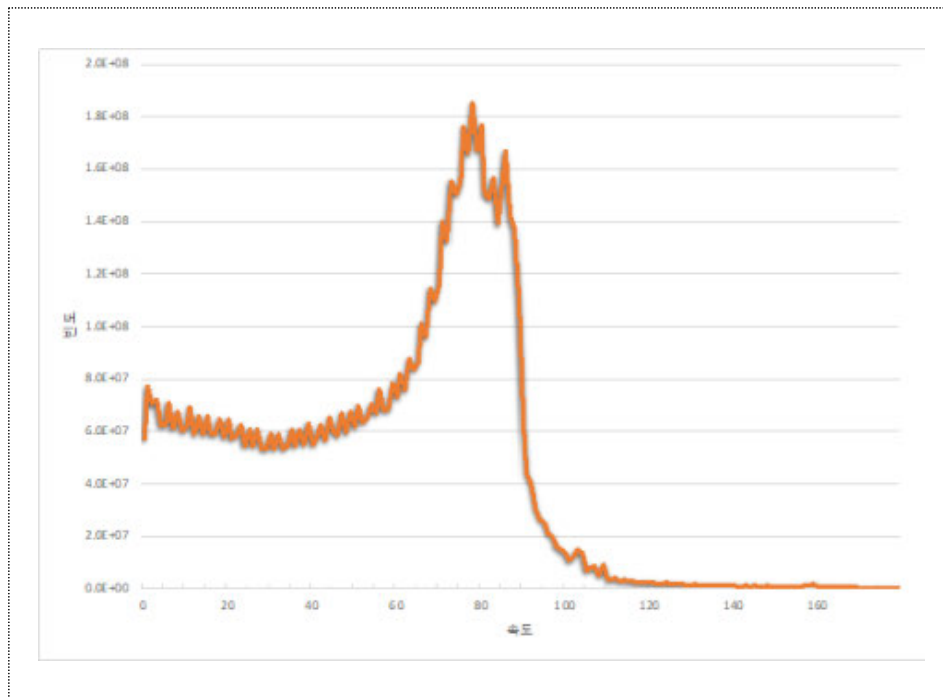
- 2017년 10월 전체 영업용화물자동차 운행기록자료에 대해 자동차 유형 코드의 빈도를 측정함
- 영업용화물자동차 운행기록자료에 기록되어 있는 자동차 기록 중 전체 차량 규모를 파악하고, 유형별 비중을 분석함
  - 영업용 화물차에 해당하는 31(일반화물) 및 32(개별화물)는 전체 차량 중 24%를 차지함



<그림 3-23> 영업용화물자동차 운행기록 원시자료의 자동차 유형 비율

## 나. 속도 분포

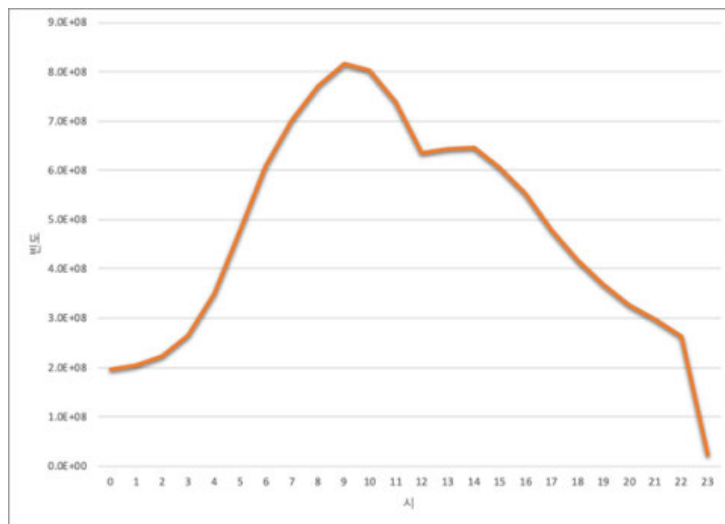
- 2017년 10월 전체 영업용화물자동차 운행기록자료에 대해 속도의 빈도를 측정함
- 영업용화물자동차 운행기록자료에 기록되어 있는 모든 로그 기록에 대해 속도 칼럼에 대한 기록을 단순히 세는 방식으로 <그림 3-24>의 자료를 생성함(속도가 0인 구간은 제외)



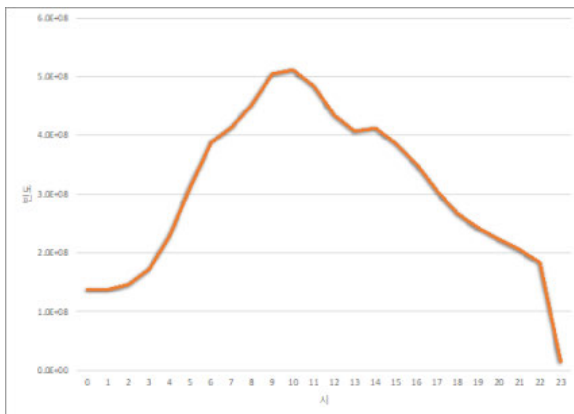
<그림 3-24> 영업용화물자동차 운행기록 원시자료의 속도 분포

### 다. 시간대 분포

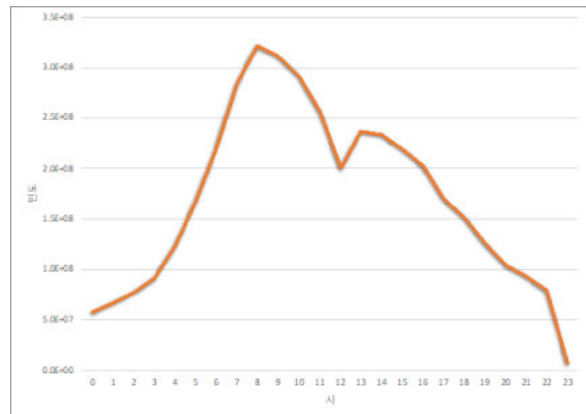
- 2017년 10월 전체 영업용화물자동차 운행기록자료에 대해 로그 자료가 기록된 시간 중 "시" 부분을 분리하여 이에 대한 분포를 나타냄
- 영업용화물자동차 운행기록 장비의 특성상, 운행을 하지않고 시동만 걸린 상태에서도 로그를 기록하기 때문에 움직임의 유무 여부에 대한 분석을 추가적으로 수행함



영업용화물자동차 운행기록 원시자료의 시간대별 빈도



속도가 10 km/h 초과한 시간대별 빈도



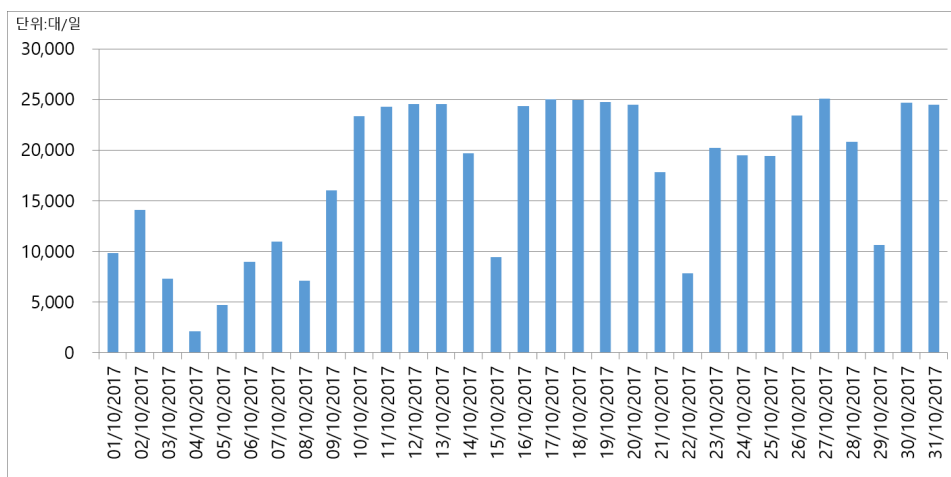
속도가 10 km/h 이하인 시간대별 빈도

<그림 3-25> 영업용화물자동차 운행기록 원시자료의 시간대 분포

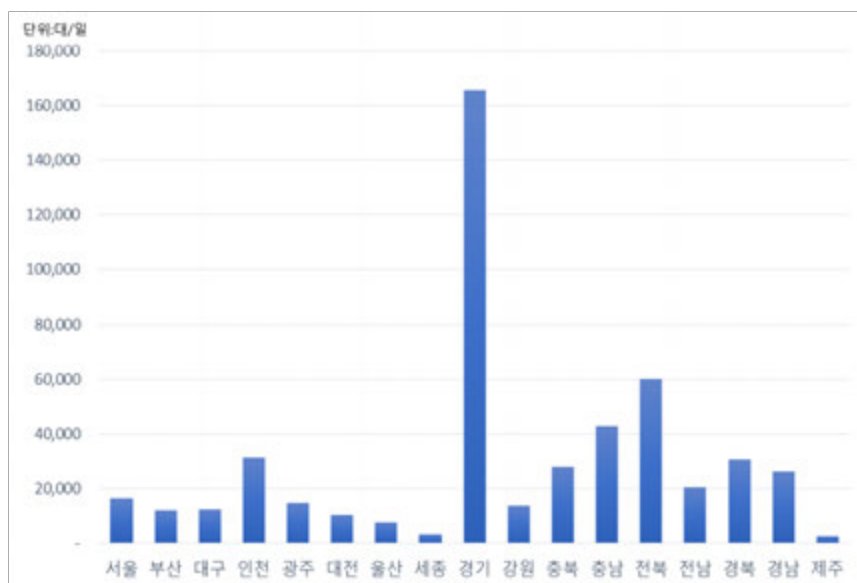
## 2. 원시자료 통계분석

### 가. 일별 영업용화물자동차 운행기록 시간대별 기록 차량 대수

- 10월 한달간 일자별 통행한 차량대수는 아래와 같음
- 주중과 주말의 운행특성으로 구분되어 나타나며 지역별로 보면 경기지역이 가장 많은 차량이 운행되는 것으로 나타났으며 그 다음으로 전북, 충남, 충북 등의 순으로 분석되었음



<그림 3-26> 2017년 10월 일자별 운행 차량 대수(영업용화물자동차 기록계 자료)



<그림 3-27> 2017년 10월 지역별 운행차량대수(영업용화물자동차 기록계 자료)



## 제5절 전처리과정 구축

### 1. 영업용화물자동차 운행기록자료 전처리과정 구축

#### 가. 자료 전처리 필요성

- 영업용화물자동차 운행기록자료는 시간 순서대로 텍스트 파일 형태로 기록되어 있음
- 이를 처리하기 위해서는 순차적으로 데이터를 처리해야 하며 이는 비효율적임
- 월별 DTG tar 파일 하나는 압축된 형태이며, 그 크기는 1.1 테라바이트 (Terabyte)<sup>1)</sup> 임
  - 기본적인 통계 분석을 하기 위해서는 하나의 파일 데이터 전체를 컴퓨터의 메모리에 넣을 수 있어야 하지만, 일반적으로 사용되는 컴퓨터 환경에서는 메모리 공간의 한 계로 인하여 테라바이트가 넘는 양의 정보를 컴퓨터의 메모리에 넣을 수 없음
- 자료를 그대로 분석하기 불편함
  - 영업용화물자동차 운행기록자료는 여러 개의 묶음 또는 압축 파일 형태로 나누어져 있음
  - 이 파일들 모두에 대해 묶음 해제 또는 압축 해제를 할 경우, 추가적인 저장공간이 필요함 (7~8 테라바이트의 공간이 필요함)
  - 묶음을 해제하고 압축 해제하는 데 많은 시간이 소요됨
- 일반적인 방법으로 분석하기 곤란할 정도의 많은 텍스트 로그가 있음
  - 텍스트 로그를 전처리 없이 컴퓨터의 메모리에 불러 간단한 처리를 하는 프로그램을 만들어 고성능 데스크탑 컴퓨터에서 순차적인 연산을 하면, 연산하는 데 3.4개월이 걸리는 것으로 예상함<sup>2)</sup>
  - 적정 시간 내로 통계적 분석을 하기 위해서는 자료 전처리를 통해 로그 데이터를 정규화<sup>3)</sup>할 필요가 있음

1) 컴퓨터 데이터 자료량 단위. 1 테라바이트 = 1,024 기가바이트 = 1,048,576 메가바이트

2) 프로세서 Intel Core i5 3.2GHz, 메모리 16GB, SATA3 하드디스크 장비에서 샘플 데이터를 테스트해 본 결과를 바탕으로 추정한 값 (초당 평균 10,000 줄을 처리할 수 있는 환경)

3) 데이터베이스 설계에서 데이터를 구조화 하는 프로세스를 일컬음

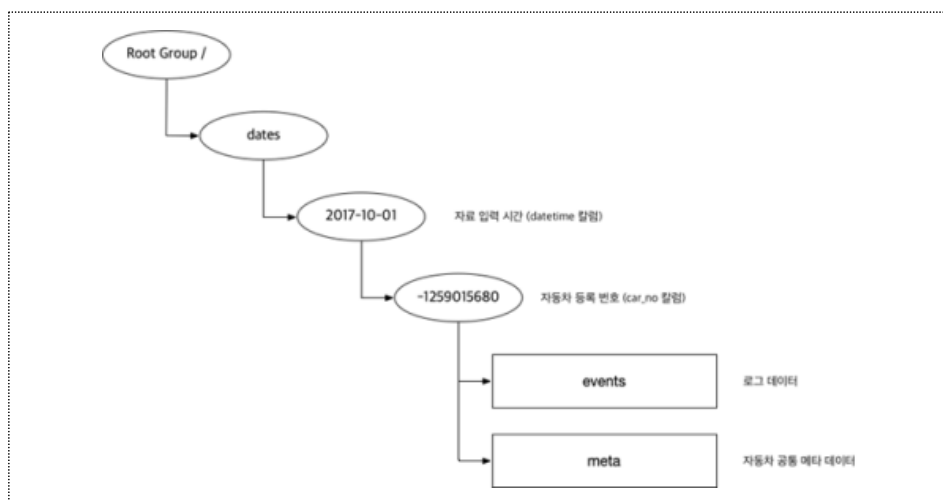
## 나. 자료 전처리 기법

### 1) HDF5 변환 프로그램

- 순차적으로 텍스트 데이터를 처리하는 것은 매우 비효율적임. 따라서 이번 프로젝트에서는 텍스트 데이터를 HDF5 포맷으로 변환함
- HDF5 변환 프로그램을 파이썬 프로그래밍 언어로 영업용화물자동차 운행기록 데이터를 처리하여 변환하는 모듈을 개발
- 영업용화물자동차 운행기록 데이터는 여러 개의 내부 파일들을 묶어 놓은 형태로 저장되어 있으며, 이 개개 파일들의 압축을 풀지 않고, 스트림 형태로 데이터를 바로 받아서 처리하는 소프트웨어를 개발
- 압축을 풀고 처리하는 것에 비해, 저장공간을 효율적으로 관리하며 전체적인 전처리 연산 시간을 상당히 줄일 수 있음

### 2) HDF5 파일 저장 구조

- HDF5 파일의 그룹 기능을 이용하여 날짜와 자동차를 기준으로 구조적으로 나누어 트리구조로 저장함
- 그룹은 순차적으로 루트 → 날짜 → 자동차 번호 순으로 저장됨
- 트리 구조로 저장하는 이유는 비정형적인 자료는 쿼리 속도가 느리며 검색 및 정렬에 많은 시간이 필요하기 때문임. 자료를 나눌 수 있는 최대 단위로 (여기서는 날짜, 자동차 번호 조합) 나누어 저장함으로써 쿼리 속도를 높일 수 있음



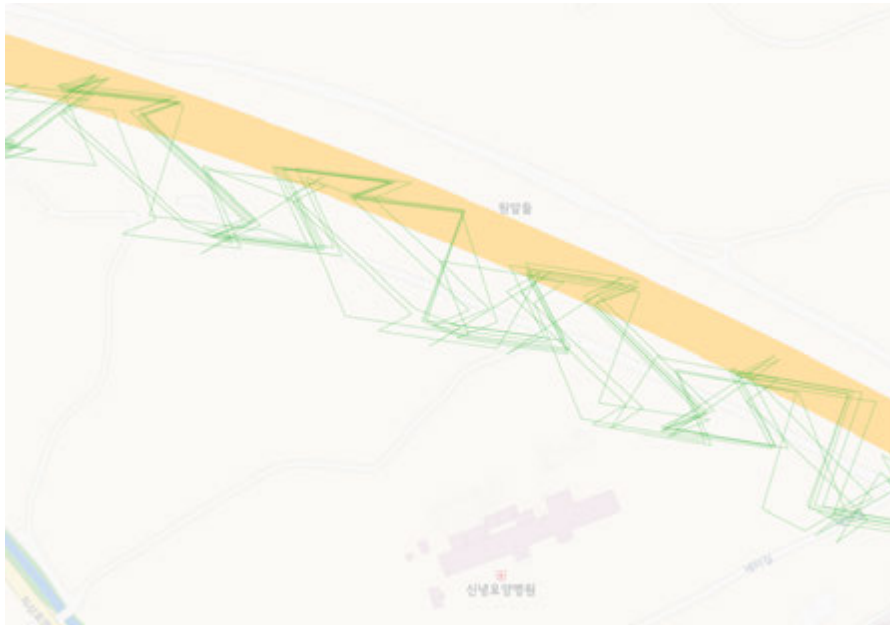
<그림 3-28> HDF5 저장 구조 스키마(트리 구조 형태의 파일 저장)

## 2. 이상치 제거

### 가. 영업용화물자동차 운행기록 하드웨어 오류 관련

#### 1) GPS 궤적에 노이즈가 있는 경우

- 일부 영업용화물자동차 운행기록 장비로부터 생성한 궤적에서 수십미터 내외의 오차가 관찰됨
- 영업용화물자동차 운행기록 하드웨어 장비에서 발생하는 오류 때문인것으로 예상됨
- 맵매칭을 하는데 문제가 발생할 수 있다고 추정됨

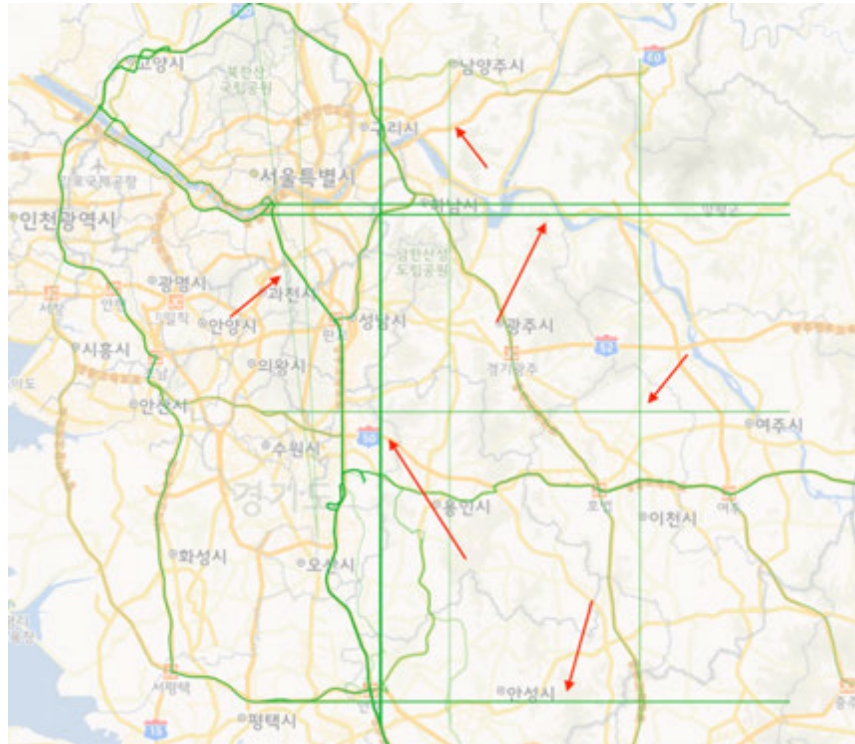


<그림 3-29> GPS궤적의 노이즈 예시

- 해결 방법
  - 오류의 원인에 따라 해결책을 다르게 처리하고 있음
  - 무작위적인 노이즈(Gaussian 노이즈 등)가 원인인 경우와 작위적인 경향의 노이즈로 구분하여 알고리즘을 보정함

## 2) GPS 궤적이 심하게 튀는 경우

- 일부 영업용화물자동차 운행기록 장비의 궤적에 수 백 킬로미터 거리의 오차가 영업용화물자동차 운행기록 제조사에 따라서 발생하는 경우가 있음
- 단순 로그 기록의 문제일 수도 있고, 영업용화물자동차 운행기록 장비의 하드웨어 오류일 수도 있음



<그림 3-30> GPS 궤적에 큰 오차가 발생하는 경우 예시

- 해결 방법
  - 기록이 튼 좌표를 수동적으로 찾아서 제거하지만 지속적인 경우에는 알기 어려움
  - 예: 서울에서의 궤적이 5분 지속되다가 대전에서의 궤적이 3분 지속될 경우, 어느 궤적이 정상적인지 알기 어려움

## 3) GPS 오류

- 터널 통과, 고층 건물이 많은 지역을 통과할 때 사소한 오차가 발생할 수 있음
- 해결 방법
  - 일반적인 맵매칭 알고리즘을 적용

#### 나. 운전자 습관 관련

- 운행 중 일정시간 이상의 궤적이 비어있는 경우
- 운전자가 강제로 시동을 끈 것(후리운전)인지 영업용화물자동차 운행기록 장비의 로그 기록에 오류인지 구분할 필요가 있음
- 해결 방법
  - 내리막, 궤적이 비어있는 전후의 속도 변화를 측정해서 후리운전의 가능성을 확인할 수 있음
  - 단순 로그 파일의 오류인 경우 구분이 불가능함

#### 다. 영업용화물자동차 운행기록자료 오류 관련

##### 1) 원시 로그 자료의 형식이 일정하지 않음

- 2017년 5월 영업용화물자동차 운행기록자료와 10월 자료의 칼럼 내용이 다름
- 해결방법
  - 원시자료의 칼럼 내용을 확인하고, 각 상황에 맞게 전처리할 수 있는 알고리즘 개발

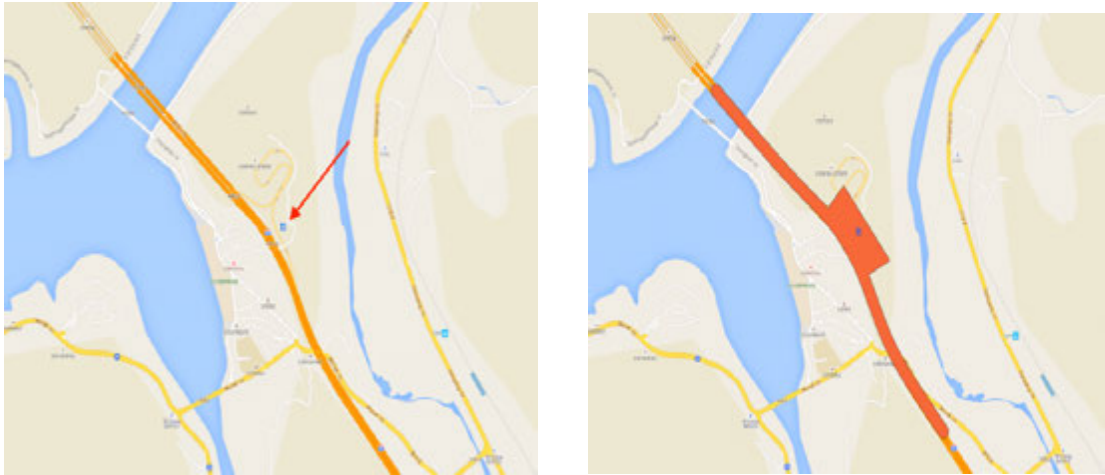
##### 2) 로그 자료에서 이전 도착지와 다음 출발지가 다른 경우

- 도로 궤적 중 이전 도착지와 다음 출발지 간 오차가 있는 경우가 있음
- 자동차의 시동을 켜 후부터, 영업용화물자동차 운행기록 장비에서 로그를 기록하기 시작할 때까지 일정 시간이 소요됨으로써 이 같은 문제가 발생할 여지가 있음
- 이전 도착지를 기반으로 출발지를 보정 할 필요가 있음
- 해결방법
  - 단순한 보정 알고리즘 개발

## 라. 기타

### 1) 중간정차 검출 폴리곤의 고도화

- 중간정차 지점 (휴게소, 졸음쉼터 등) 을 검출하기 위한 폴리곤을 더욱 정교하게 만들 필요가 있음
- 휴게소의 경우 도로변을 따라 일정한 모양을 가진다는 가정을 하고 있음
- 하지만 휴게소에 따라, 규모가 매우 크거나 모양이 특이한 경우, 폴리곤 생성 알고리즘으로 단순히 생성한 폴리곤으로 휴게소 전체 면적을 나타내지 못함



<그림 3-31> 자동 폴리곤 생성의 경우 커버가 모두 되지 않는 경우 예시

- 해결책
  - GIS 도구를 이용하여 수작업으로 정교한 폴리곤 생성
  - 지도에 나타나 있는 중간정차 지점의 실제 면적을 수작업으로 따라 그려서 폴리곤을 만들 수 있음

### 2) 물류거점 검출 폴리곤의 고도화

- 물류거점을 검출하기 위해 생성한 폴리곤을 더욱 정교하게 할 필요가 있음
- 물류거점의 범위를 X Km 로 가정하여 원모양의 폴리곤을 생성하는 기존의 방법으로는 정확한 검출이 어려움

- 해결책

- GIS 도구를 이용하여 수작업으로 정교한 폴리곤 생성
- 지도에 나타나 있는 물류거점의 실제 면적을 수작업으로 따라 그려서 폴리곤을 만들 수 있음

### 3) 기준 연도에 따른 도로, 휴게소 등의 변화 반영

- 영업용화물자동차 운행기록 로그 자료의 기준 연도에 따른 도로, 휴게소 위치 등을 반영할 필요 있음

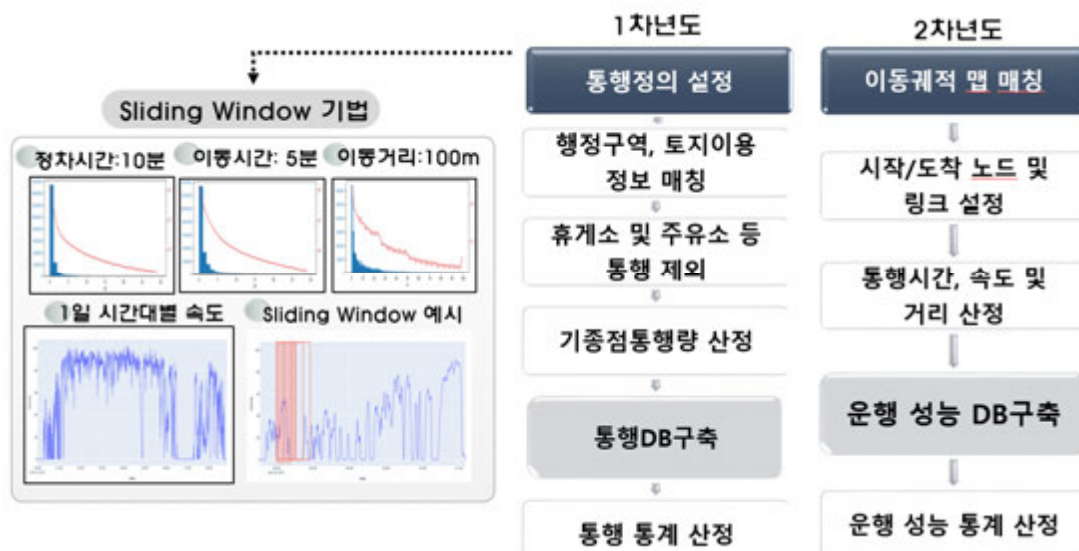
- 해결책

- 최신 GIS 자료를 사용하는 대신, 영업용화물자동차 운행기록자료의 해당 연도 도로 GIS 자료, 휴게소 위치 자료 등을 준비하여 사용함

## 제6절 분석 방법론 정립

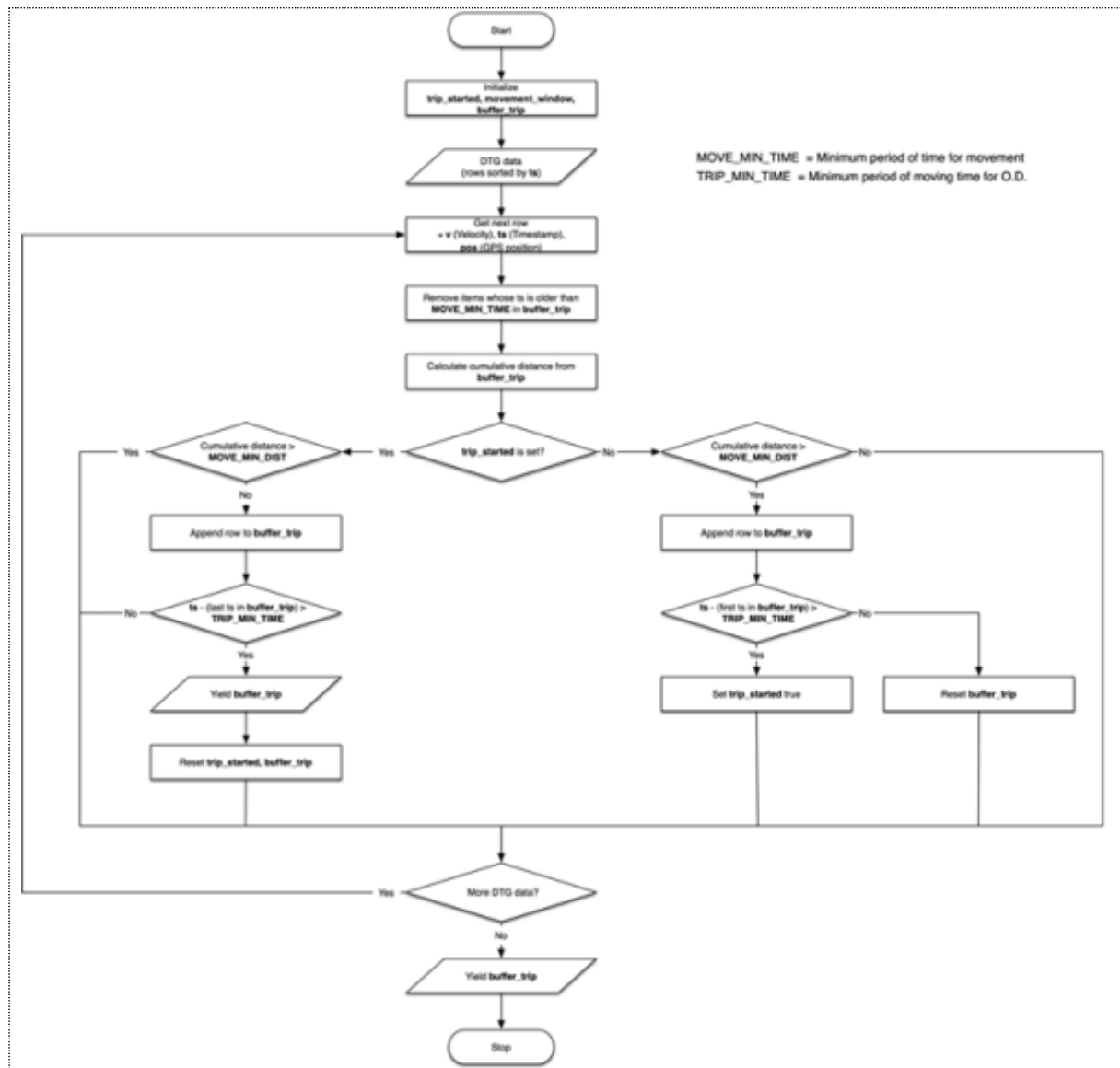
### 1. 영업용화물자동차 운행기록 통행 분석방법론

- 통행 추출 알고리즘의 추출 기준을 고르기 위한 기준을 아래와 같이 설정함
- 슬라이딩 윈도우 기법 (Sliding Window Algorithm)은 규모가 큰 버퍼나 배열이 주어진 경우, 한정된 크기의 창(窓) 안에서 자료를 선택하여 작업할 필요가 있을 때 사용됨 (Jacobsen (2003), Aggarwal (2007) 참조)
- 창의 위치가 바뀔 때마다 각 작업이 수행되며, 창의 위치는 버퍼나 배열의 첫번째 요소부터 시작해서 작업이 끝날 때마다 다음 요소로 이동하며 결정되며 이를 슬라이딩 윈도우 기법이라 정의함
- 우선 초 단위의 영업용화물자동차 운행기록 자료를 통행으로 구분하기 이전에 이동 및 정차에 대한 기준이 필요하기 때문에 먼저 자료의 정차시간 및 이동거리, 이동시간 등의 분포를 확인하여 자료의 통행을 설정함
- 통행을 구분한 다음에는 통행 알고리즘을 구축하여 각 차량의 통행을 추출함
- 이후 휴게소 및 주유소 등의 중간 정차 시설물에 대한 통행들을 확인하고 통행이라고 볼 수 없는 이상치들을 확인하여 최종적으로 기종점통행량을 분석하도록 함



<그림 3-32> 영업용화물자동차 운행기록 자료를 활용한 기종점통행량 구축방안





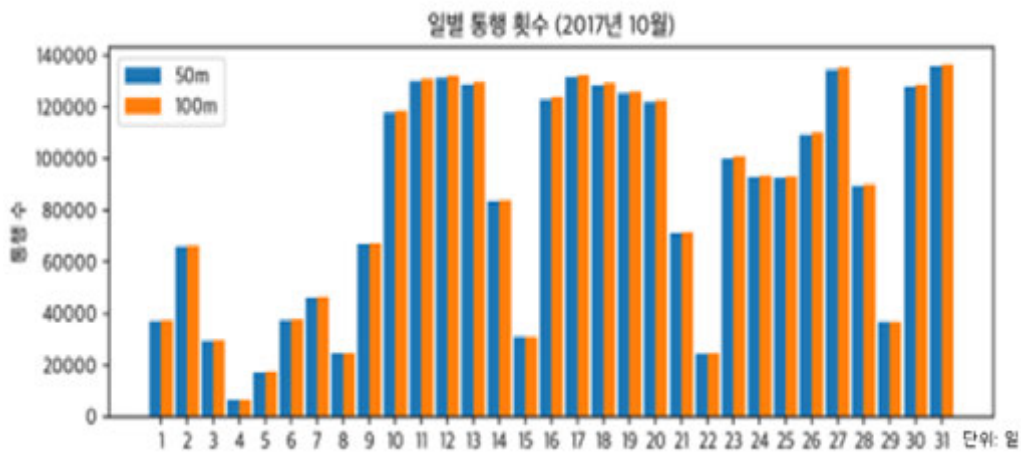
<그림 3-33> 영업용화물자동차 운행기록자료를 활용한 통행 추출 알고리즘 순서도

## 2. 통행 정의를 위한 정차시간 및 이동거리 분포

- 자료의 이동거리 및 통행시간 분포를 분석한 결과 최소의 이동 거리를 50m 또는 100m로 설정하였고, 각각의 최소 이동 거리에 따라 통계적 분석을 진행함

### 가. 일별 통행 횟수

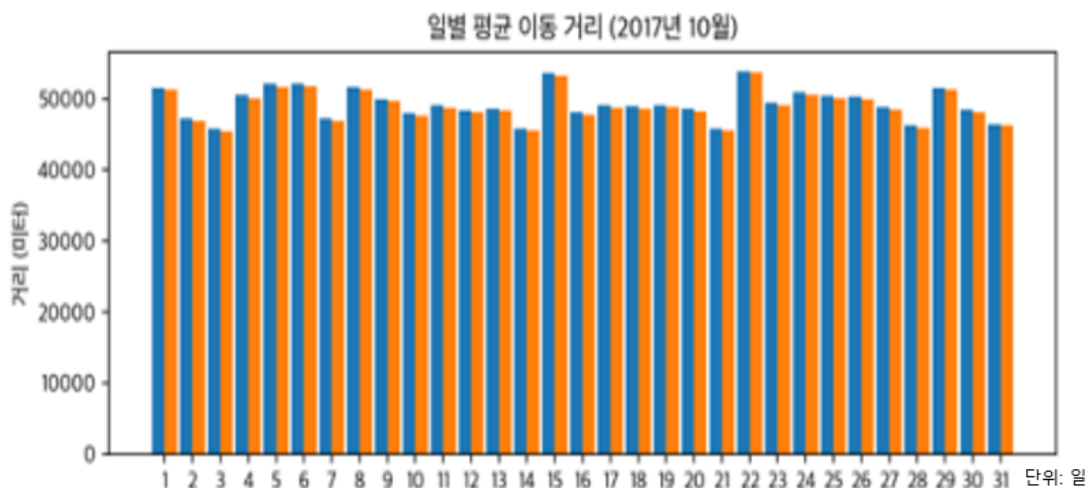
- 각각의 최소 이동 거리에 따른 일별 통행 횟수 분포를 그래프로 나타냄



<그림 3-34> 영업용화물자동차 운행기록자료의최소 이동 거리 50m, 100m 에 대한 일별 통행 횟수

### 나. 일별 평균 이동 거리

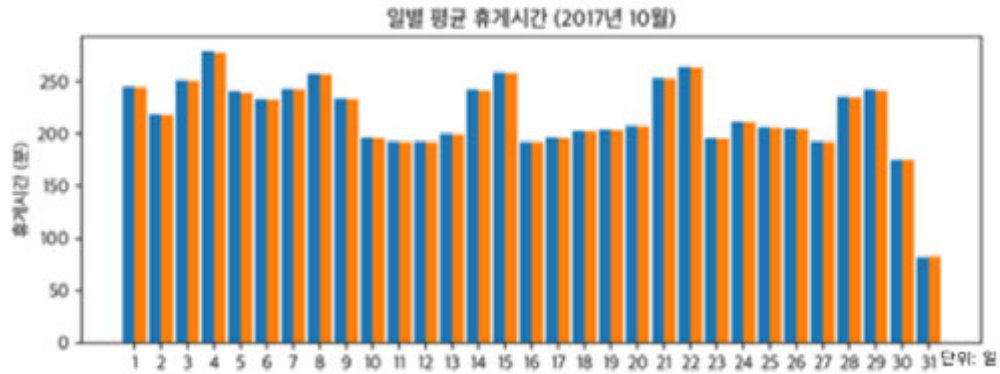
- 최소 이동 거리에 따른 일별 평균 이동 거리를 그래프로 나타냄



<그림 3-35> 영업용화물자동차 운행기록자료의최소 이동 거리 50m, 100m 에 대한 일별 평균 이동 거리

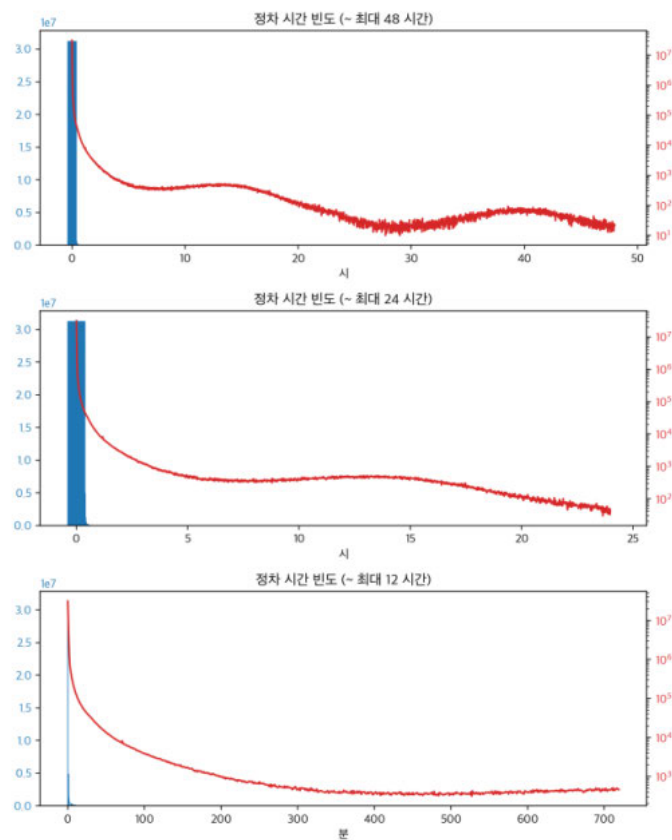
## 다. 일별 평균 휴게 시간

- 최소 이동 거리에 따른 일별 평균 휴게시간을 그래프로 나타냄

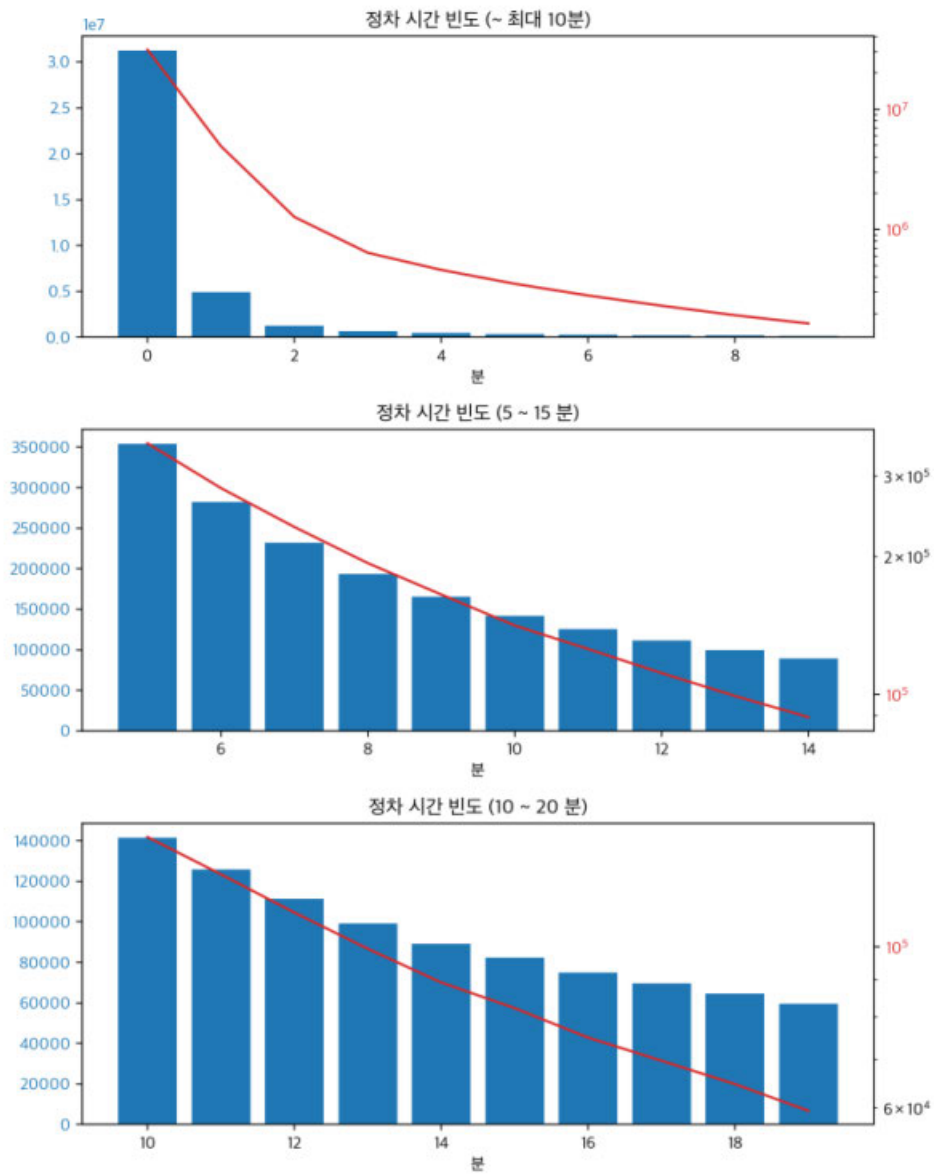


<그림 3-36> 영업용화물자동차 운행기록자료의 최소 이동 거리 50m, 100m 에 대한 일별 평균 휴게 시간

## 라. 세분화된 정차시간 분포

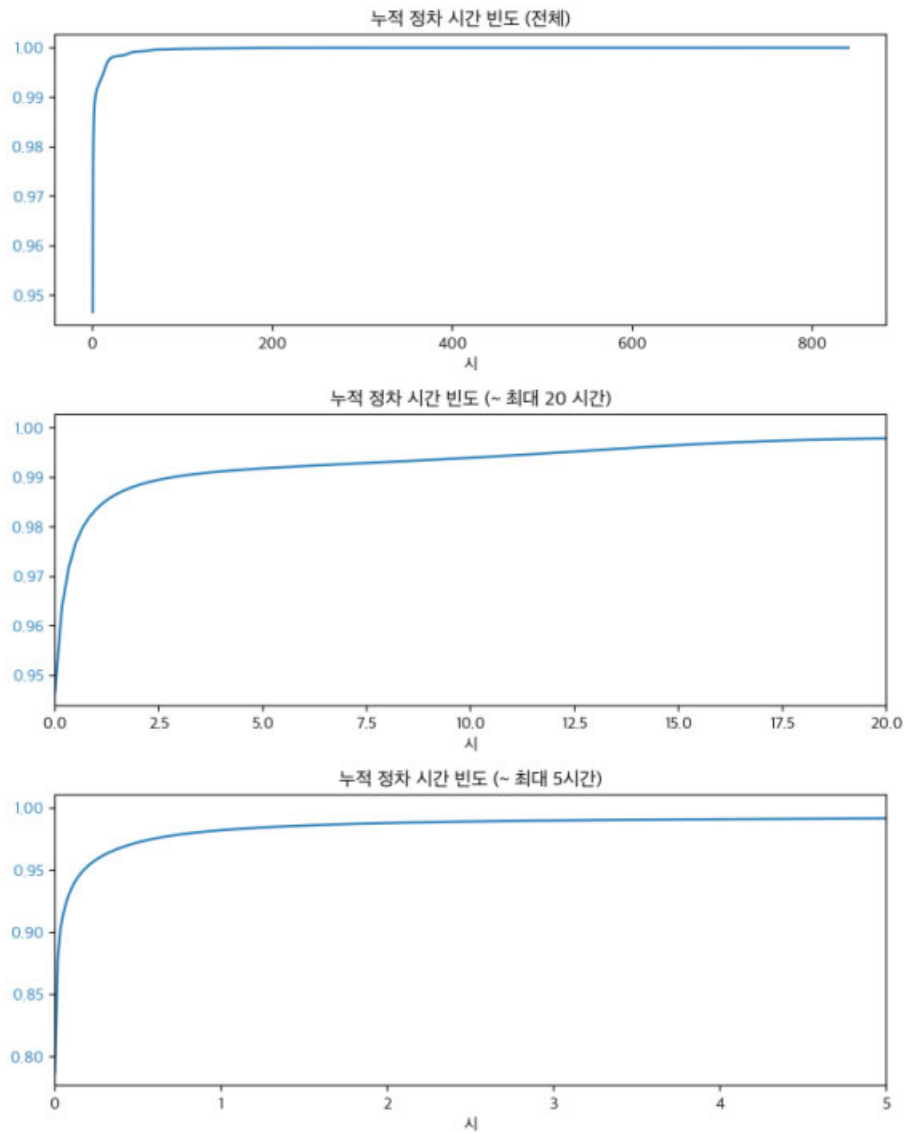


<그림 3-37> 영업용화물자동차 운행기록자료의 정차 시간 빈도 (단위: 시)



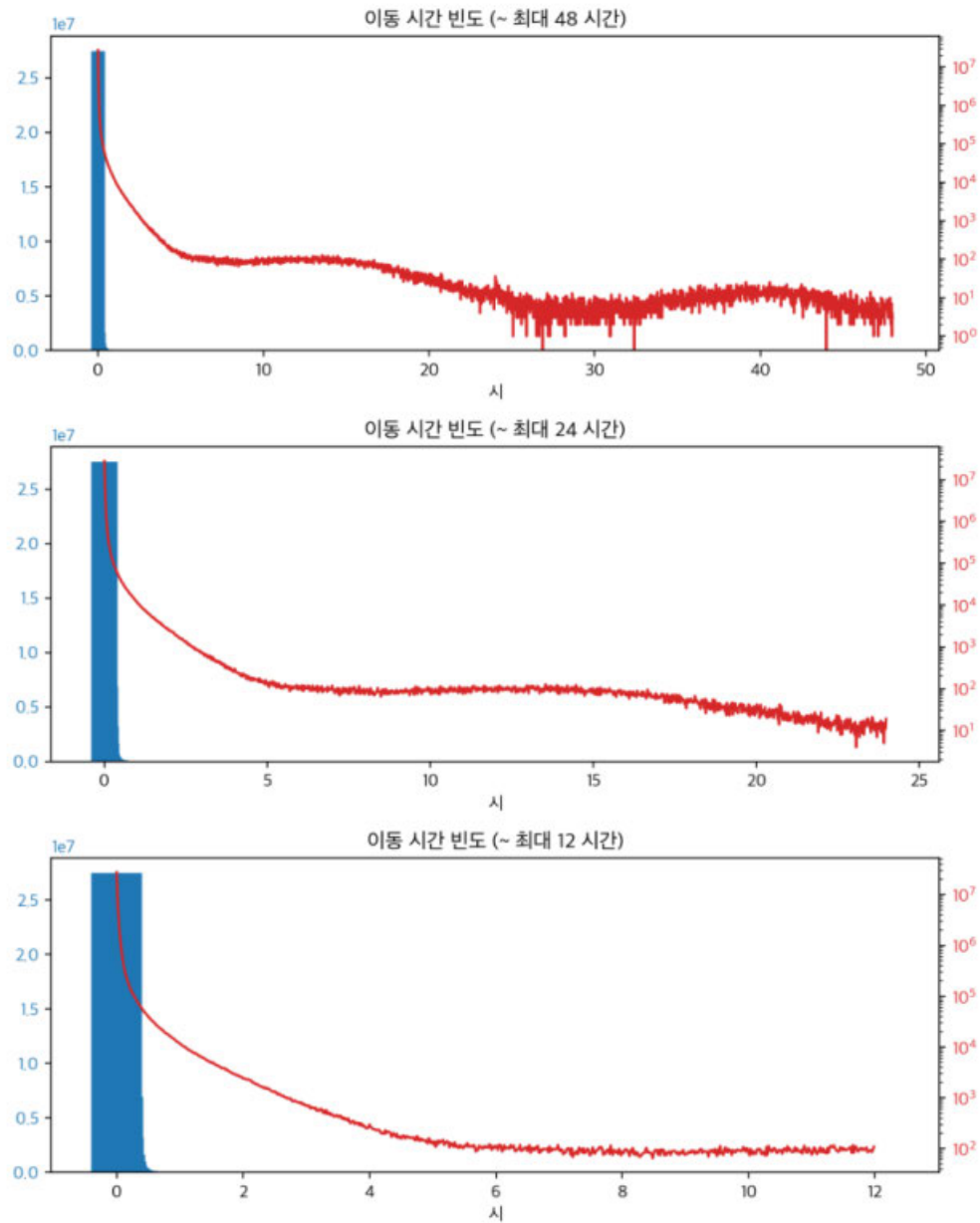
<그림 3-38> 영업용 화물자동차 운행기록 자료의 정차 시간 빈도 (단위: 분)

마. 세분화된 누적 정차시간 분포

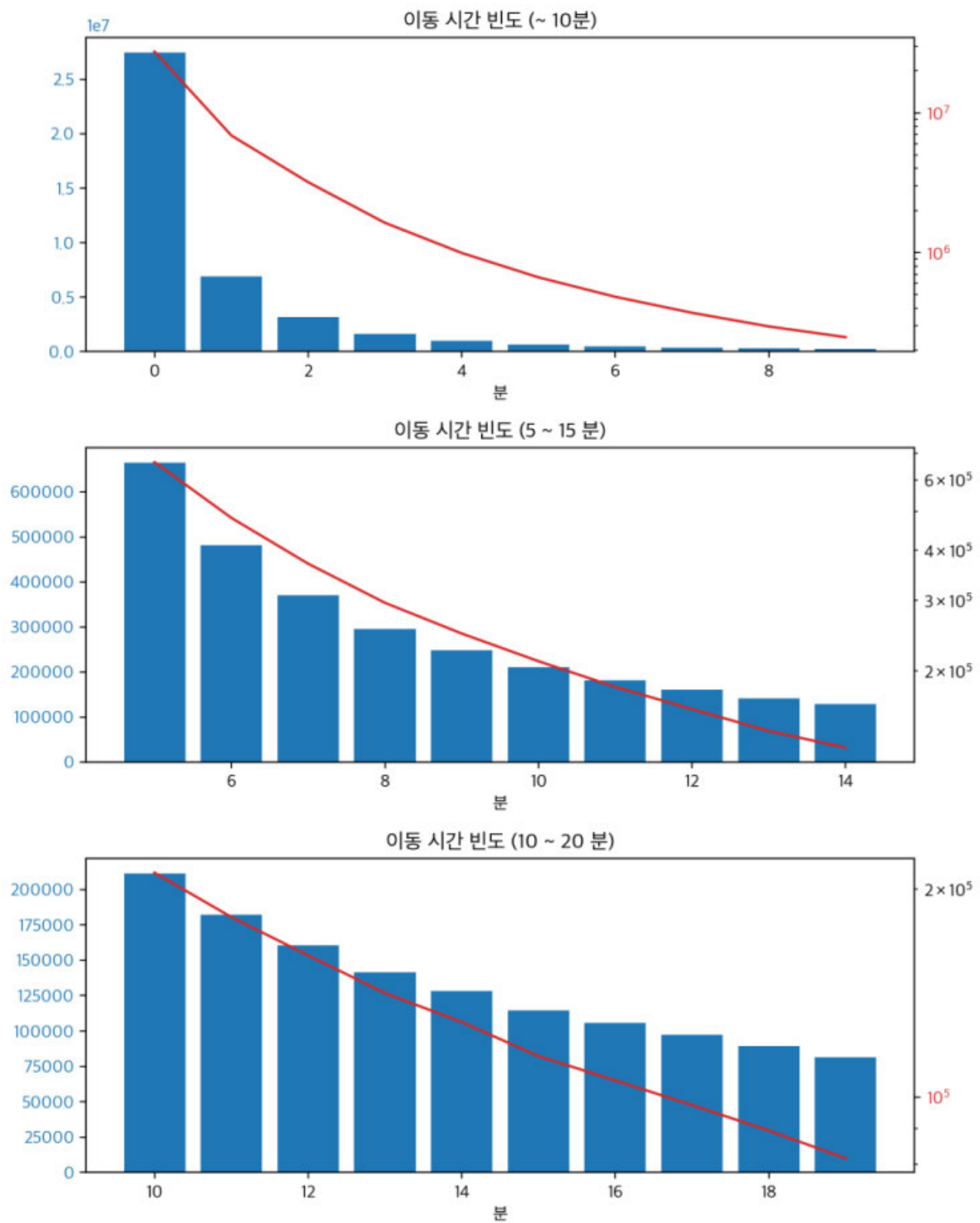


<그림 3-39> 영업용화물자동차 운행기록자료의누적 정차 시간 빈도 (단위: 시)

바. 세분화된 이동시간 분포

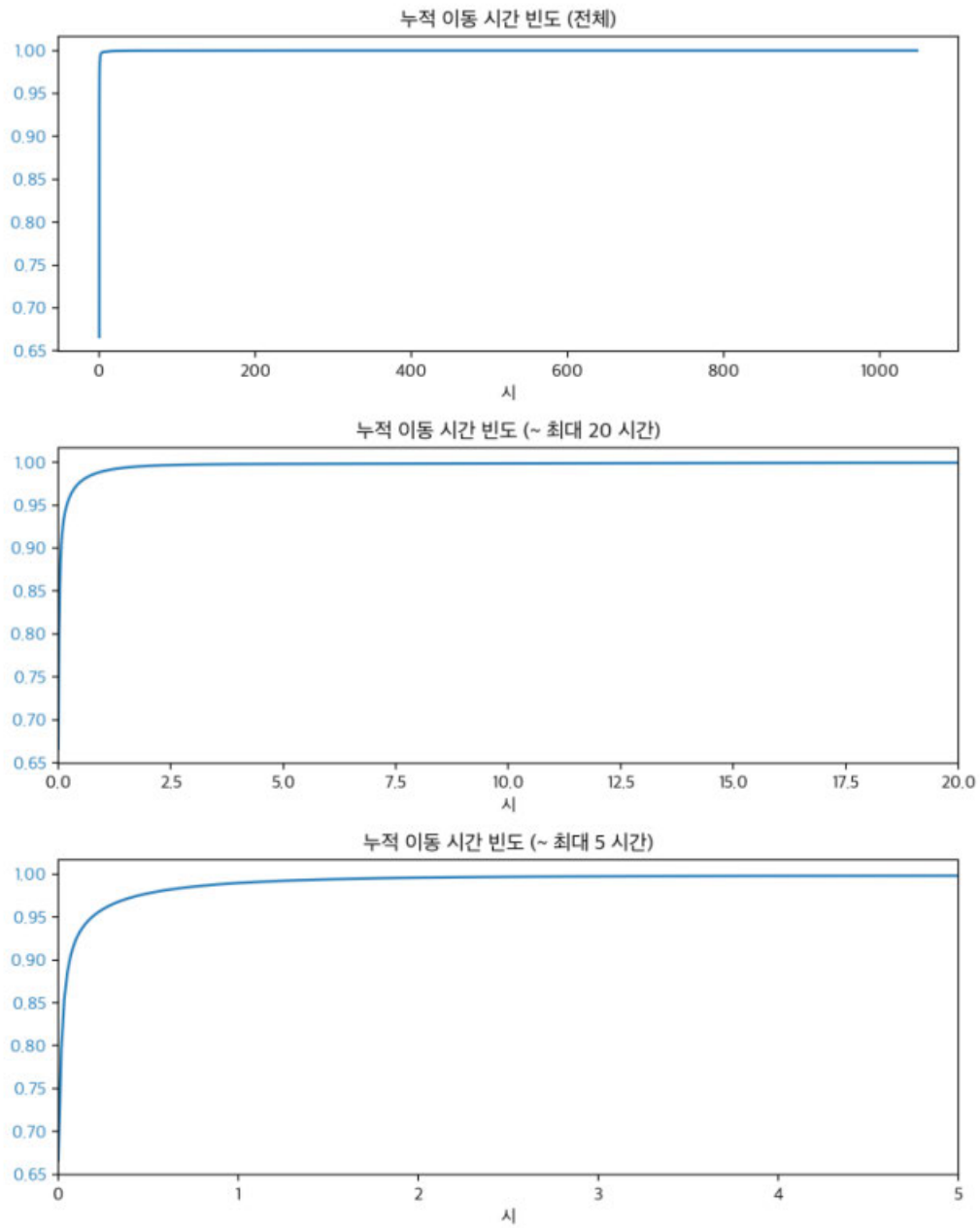


<그림 3-40> 영업용화물자동차 운행기록자료의이동 시간 빈도 (단위: 시)



<그림 3-41> 영업용화물자동차 운행기록자료의이동 시간 빈도 (단위: 분)

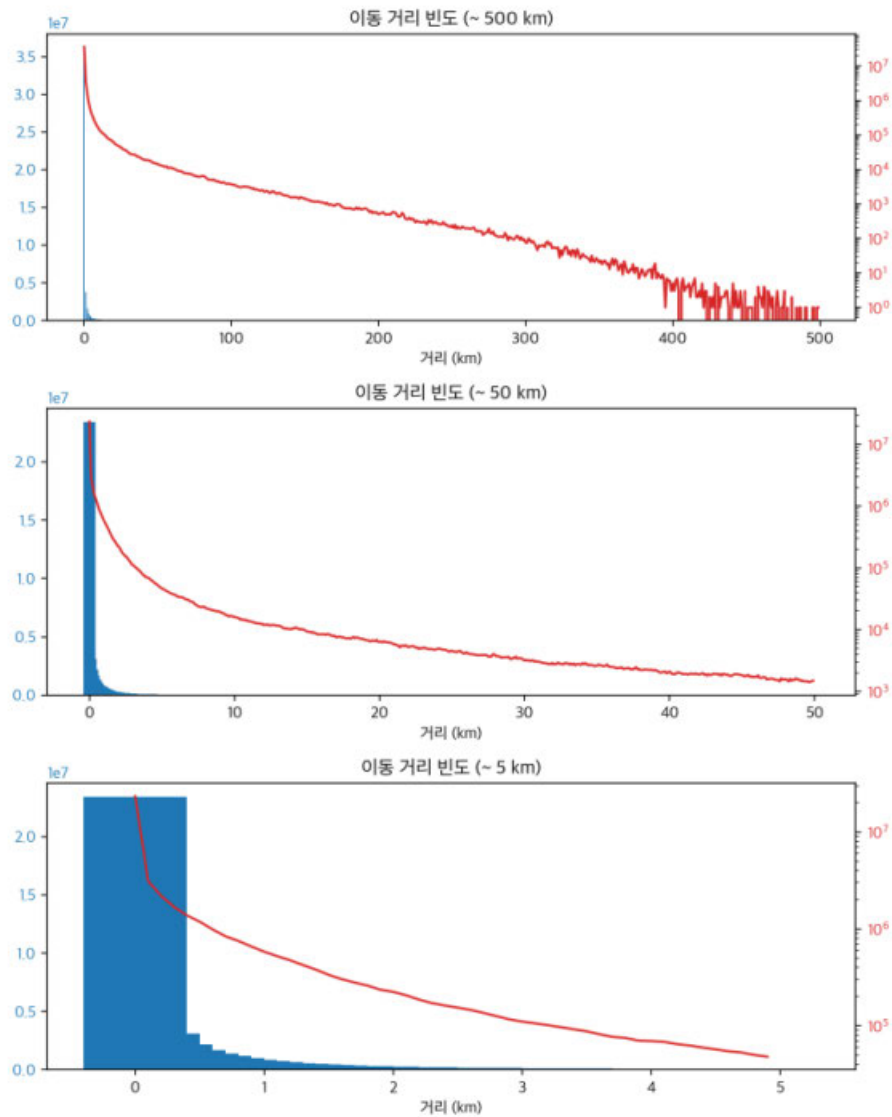
사. 세분화된 누적 이동시간 분포



<그림 3-42> 영업용화물자동차 운행기록자료의누적 이동 시간 빈도 (단위: 시)

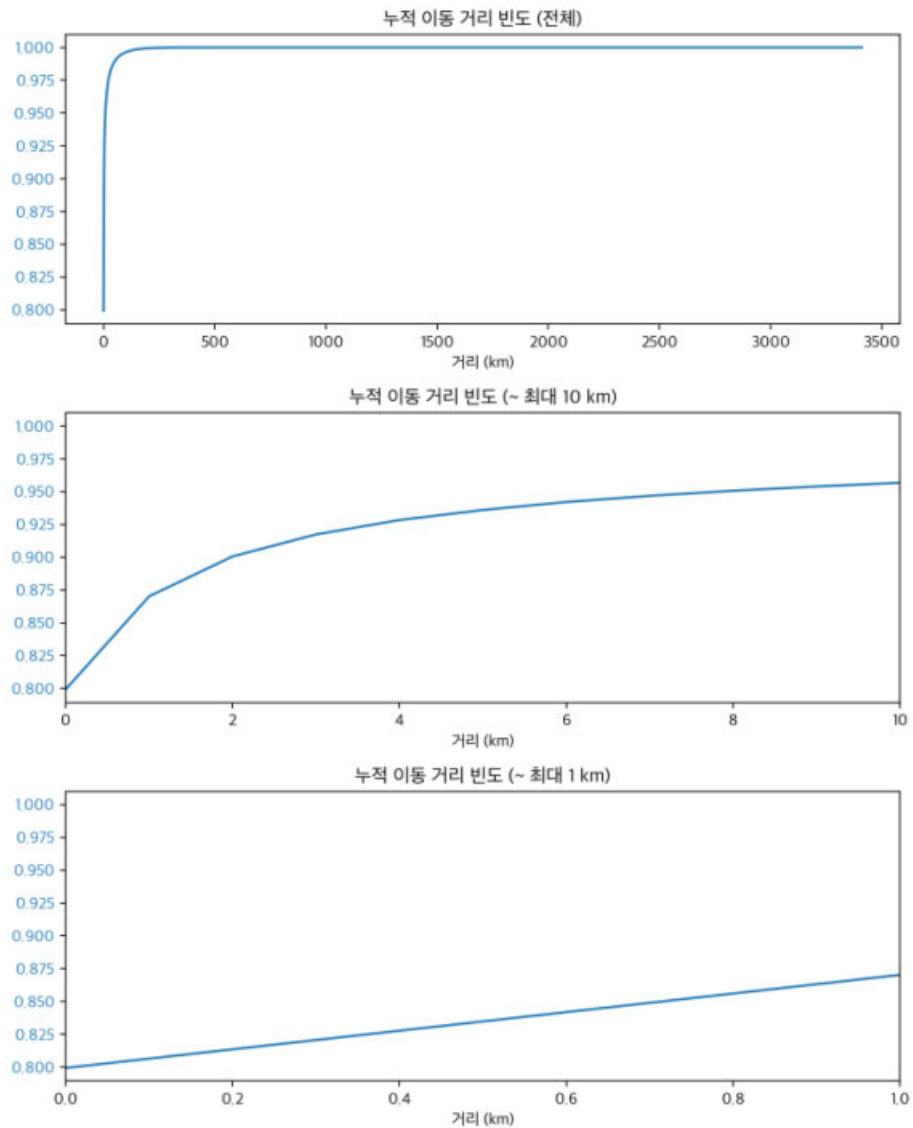


### 아. 세분화된 이동거리 분포



<그림 3-43> 영업용화물자동차 운행기록자료의이동 거리 빈도 (단위 km)

### 자. 세분화된 누적 이동거리 분포



<그림 3-44> 영업용화물자동차 운행기록자료의누적 이동 거리 빈도 (단위 km)

## 2. 통행 추출 방법론 개발

### 가. 영업용화물자동차 운행기록자료분석에서 적용된 슬라이딩 윈도우 기법

- 영업용화물자동차 운행기록자료에서 날짜와 속도 정보는 정확도와 세밀도(granularity)가 높음
- 특히 속도 변동의 폭이 큰 경우, 짧은 시간 내에서도 속도가 여러 차례 영(0)이 되는 것으로 나타남
- 이는 교통 자료의 특성상, 정지신호 등 교통상황에 따라 차량이 간헐적으로 정지하거나 영업용화물자동차 운행기록 장비의 오류에 따른 것임을 예상할 수 있음
- 이러한 일시적인 정지를 정차로 보고 통행을 결정하는 것은 불합리함

### 나. 통행 추출 알고리즘

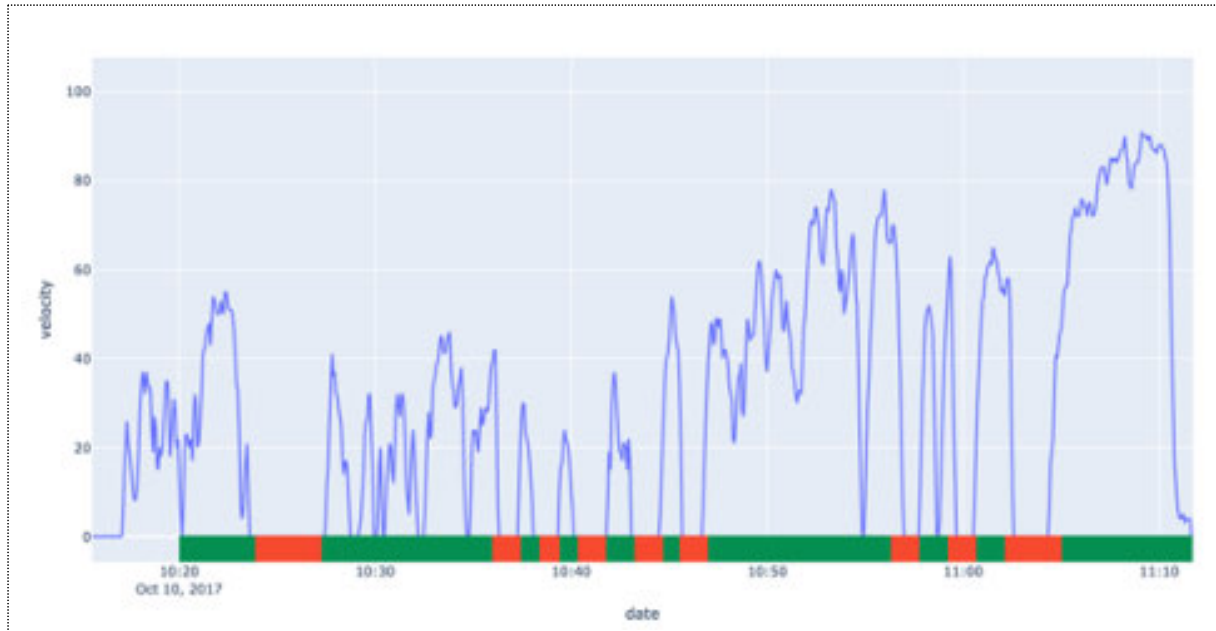
#### 1) 통행 추출에서의 슬라이딩 윈도우 기법

- 통행 추출이란 일정 시간 간격으로 시계열의 속도 자료가 있을 때, 차량의 이동 여부를 판단하여, 차량의 출발 시각과 도착 시각을 찾아내는 과정임
- 이때, 슬라이딩 윈도우 기법을 이용함으로써 특정 시간 동안 차량이 이동한 거리를 계산하여 효율적으로 통행 추출 작업을 수행할 수 있음
- 이처럼 이동 판단을 하기 위해 슬라이딩 윈도우 기법을 사용
- 슬라이딩 윈도우를 일정한 구간(예를 들어 5분, 10분 등의 시간 구간) 동안만 자동차의 속도를 볼 수 있게 하는 창(窓)으로 사용
- 이를 이용하는 것은 더욱 넓은 시간 단위를 기준으로 차량의 이동 여부를 살펴으로써 순간 속도가 0인 모든 시점에서 정차가 있었다고 판단하지 않기 위함임

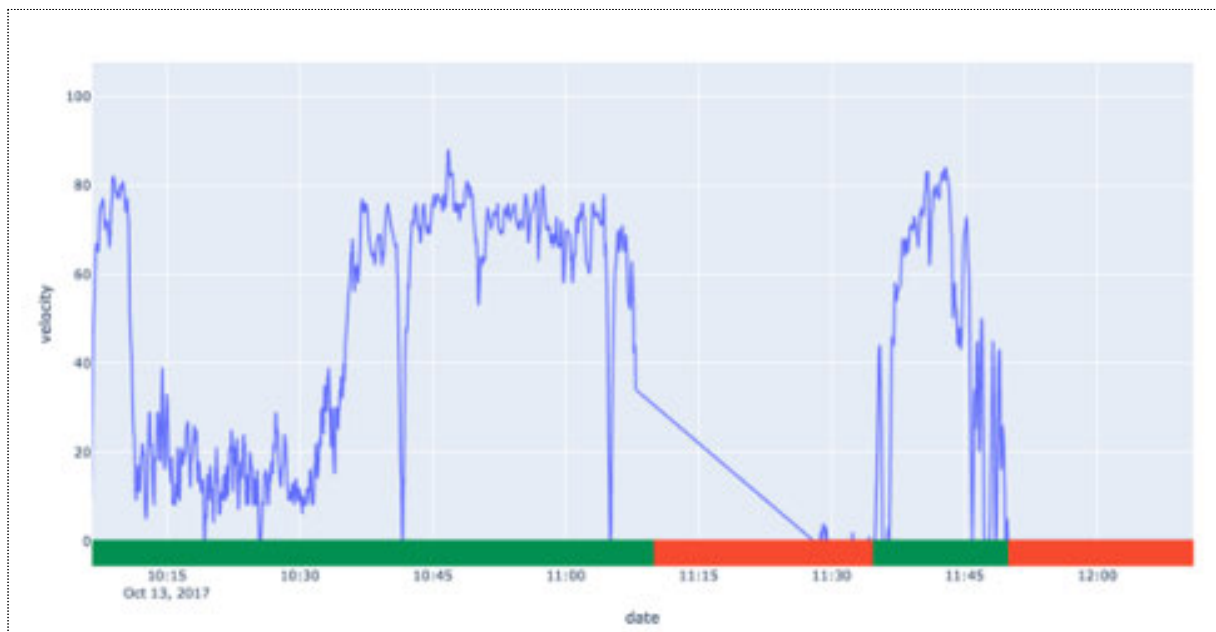
#### 2) 통행 추출에서의 이동 판단

- 시간순으로 정렬된 영업용화물자동차 운행기록자료에서 시간 축의 값이 증가함에 따라 슬라이딩 윈도우를 이동하며 해당 슬라이딩 윈도우의 범위 내에서 움직임이 있는지의 여부를 판단
- 다음의 그래프에서 이동이라고 판단된 부분은 초록색, 이동이 아니라고 판단된 부분

은 빨간색으로 표시함 (실제 데이터에서는 이동 판단 창 갱신 주기가 1초이나, 아래의 그래프에서는 이해를 돕기 위해 2분으로 나타냄)



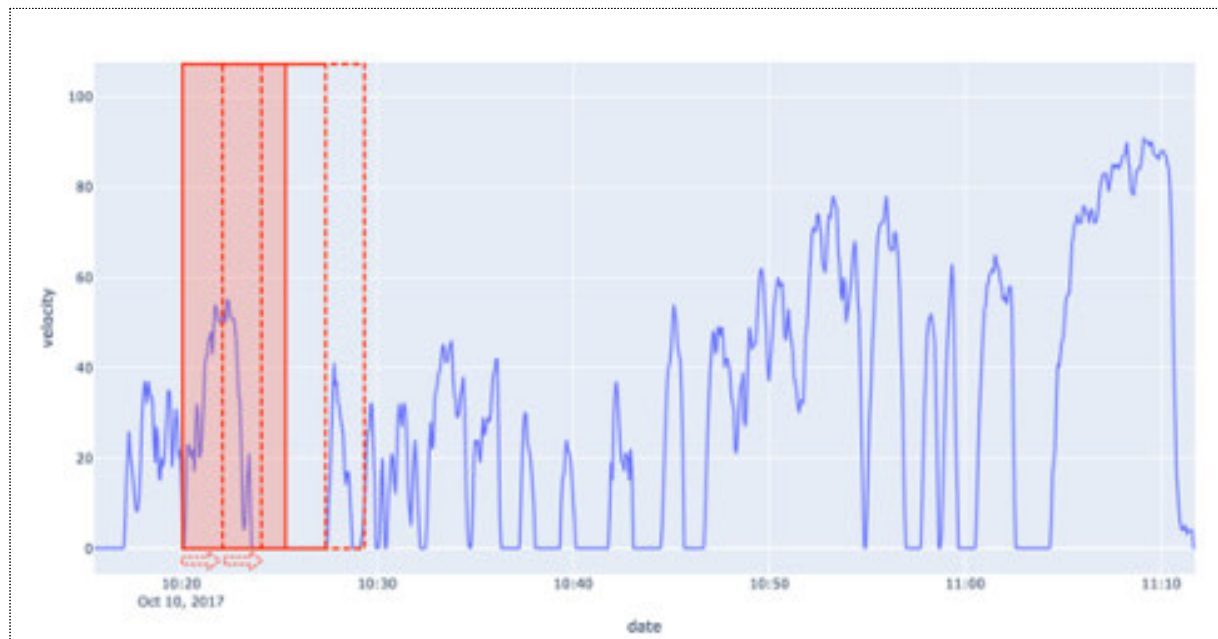
<그림 3-45> 일반적인 통행 그래프: 순간적으로 이동이라고 판단되지 않는 부분(빨간색 바)



<그림 3-46> 통행이 끝나는 그래프: 이동으로 판단되지 않는 부분(빨간색 바)

### 3) 슬라이딩 윈도우를 이용한 이동 판단의 작동 순서

- (1단계) 이동을 판단하고자 하는 임의의 시점에 슬라이딩 윈도우를 위치하게 함
- (2단계) 이동 판단의 범위(창) 안에 있는 속도 데이터만 이용하여 이동거리를 계산함
- (3단계) 계산한 이동거리가 슬라이딩 윈도우의 크기에 비해 충분히 크다면 이동으로 판단하고 반대의 경우 정지로 판단함
- (4단계) 다음 시점으로 슬라이딩 윈도우를 옮김
- (5단계) (1단계)에서 (4단계)의 과정을 반복함



<그림 3-47> 이동 판단을 위한 슬라이딩 윈도우 작동(예시)

### 3. 휴게소 및 주유소 등 중간정차 시설물 폴리곤 정의 및 통행제외

- 중간 정차가 예상되는 도로변 시설물 (휴게소, 주유소, 졸음쉼터 등)을 GIS 상에 폴리곤 등의 형태로 지오메트리(geometry)를 만드는 작업
- 생성된 지오메트리를 이용하여 중간 정차에 따른 분리된 통행을 검출하여 하나의 통행으로 합치는 기능을 구현할 수 있음
- 영업용화물자동차 운행기록의 통행 추출 방법은 자동차의 움직임과 정지 상황을 정확하게 판단하여 통행을 추출할 수 있지만, 운전자의 휴식이나 주유 등의 이유로 정차하는 상황은 고려할 수 없음
- 따라서 중간 정차가 자주 일어나는 지점의 좌표를 미리 알고 이 좌표에서 통행의 도착과 다음 통행의 출발이 발생할 경우, 중간 정차로 판단을 하고 두 개의 통행을 하나의 통행으로 줄이는 작업을 수행함
- 다만 GPS의 오차, 중간 정차 지점의 공간적 크기 등의 이유로 정차 지점을 점으로 판단하지 않고 면으로 만들어서 판단해야 할 필요가 있음
- 이 과업에서는 중간 정차 지점을 각 지점별 특성에 맞게 폴리곤 형태로 그림을 그려서 정차 검출 지역을 생성함

#### 가. 중간정차 검출을 위한 데이터 수집

##### 1) 휴게소 위치 정보

- 휴게소 위치 정보를 API 형태로 제공하는 곳은 다음의 두 곳임:
  - 전국 휴게소 정보표준데이터
    - 공공데이터포털에서 제공
    - 관련 주소: <https://www.data.go.kr/dataset/15025446/standard.do>
  - 고속도로 휴게소 기준정보
    - 한국도로공사 고속도로 공공데이터 포털에서 제공
    - 관련 주소: <http://data.ex.co.kr/openapi/>

&lt;표 3-3&gt; 휴게소 위치 정보 제공 기관별 자료의 장단점

구분	장점	단점
전국 휴게소 정보표준데이터	· 전국의 모든 휴게소를 보유 · 업데이트가 자주 됨	· 위치 정보가 정확하지 않음. 수백 미터 이상의 오차가 발생하는 경우가 있음 · 고속도로 상의 휴게소인지 일반 국도 상의 휴게소인지 잘못 기록되어 있는 경우가 있음 · API 서버가 작동하지 않음 <sup>4)</sup>
고속도로 휴게소 기준정보	· 위치 정보가 상대적으로 정확함 · API 서버가 잘 작동함	· 고속도로 상의 휴게소만 기록돼 있음

- 휴게소 위치 정보의 정확도가 중요하므로, 고속도로 휴게소 기준정보 데이터를 사용하고, 교통연구원에서 보유하고 있는 휴게소 위치 정보 자료를 이용하여 부족한 정보를 보완함

## 2) 졸음 쉼터 위치 정보

- 졸음 쉼터 위치는 “전국 졸음쉼터 표준데이터”를 사용하였음
  - 공공데이터포털에서 제공
  - 관련 주소: <https://www.data.go.kr/dataset/15028203/standard.do>

## 3) 주유소 위치 정보

- 주유소 위치 정보는 한국석유공사 오픈넷(opinet.co.kr)에서 제공하는 정보를 가져옴. 오픈넷에서 유가 정보 무료 API 서비스를 제공하고 있고, 유가 정보와 더불어 전국의 주유소 위치 정보를 같이 제공하고 있음
- 단, 전국의 주유소 정보를 일괄적으로 받는 기능은 제공하지 않음<sup>5)</sup>. 이번 프로젝트에서는 오픈넷의 주유소/충전소 찾기 서비스<sup>6)</sup>에서 제공하는 지역별 주유소 목록을 웹 상에서 긁어 오는 크롤러(crawler)를 파이썬으로 제작하여 전국 주유소 위치, 이름 등의 메타 데이터를 가져옴

<sup>4)</sup> API 서버가 작동하지 않지만 데이터 파일을 내려받기 서비스는 제공함

<sup>5)</sup> 오픈넷 무료 API 에서는 특정 위치에 대해 반경 5키로 미터 내의 주유소 위치를 알려주는 서비스만 제공함. 이 API 를 이용해서 전국의 모든 주유소 위치를 알기 위해서는 수만 번의 쿼리(query)를 만들어야 해서 비효율적임

<sup>6)</sup> <http://www.opinet.co.kr/searRgSelect.do>

## 나. 중간 정차 시설물의 특징 및 생성

- 운송 차량의 특성상 중간 정차 지점은 모두 도로변에 있음. 따라서 국가교통정보 표준노드링크 자료<sup>7)</sup>를 이용하여 중간 정차 시설물과 가장 가까운 도로 링크를 찾고, 적절한 형태의 폴리곤을 만들 필요가 있음.
- 단, 이 폴리곤은 시설물의 특징에 따라 모양과 크기가 결정되어야 함
- 주유소는 부지 반경이 크지 않기 때문에 주유소 위치(점)를 중심으로 원을 그려서 중간 정차 검출 폴리곤을 생성 가능함.
- 고속도로 휴게소 등은 휴게소 주차장의 모양이 연결 도로를 따라서 평행하게 있는 경우가 대부분이고, 크기가 주유소에 비해 크고 길쭉한 형태를 띠는 경우가 많은 관계로 원 모양의 검출 폴리곤을 만드는 것은 좋지 않음.
- 각각의 시설물에 따라 검출 폴리곤을 만드는 상세한 방법은 아래에서 서술함

### 1) 주유소 검출 폴리곤 생성 방법

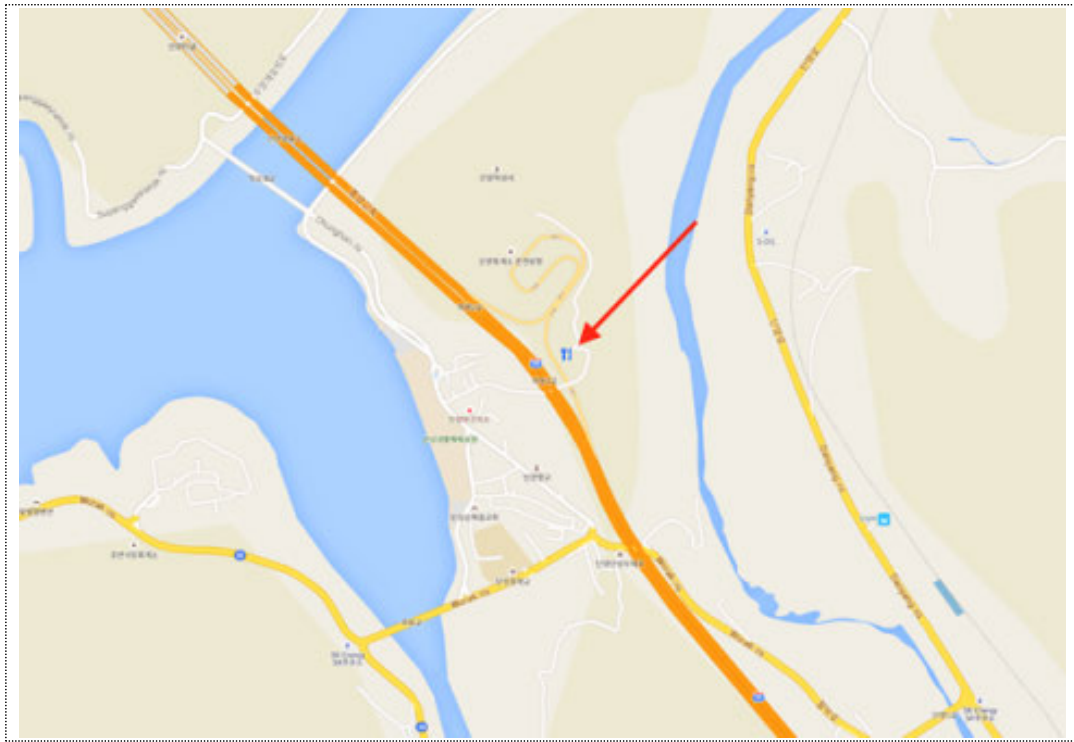
- 주유소 위치(점)를 기준으로 반경 50 미터의 원을 그려서 폴리곤을 생성

### 2) 휴게소 검출 폴리곤 생성 방법

- 휴게소 검출 폴리곤은 휴게소 연결 도로 폴리곤과 휴게소 주차장 폴리곤 두 개로 나누어져 있음

<sup>7)</sup> <http://its.go.kr/itsinfo/snl.do>





<그림 3-48> 휴게소 위치(빨간색 화살표)와 주변 도로 예시

○ 연결 도로 폴리곤 생성

- 휴게소의 위치(점)에서 가장 가까운 도로를 찾음 (국가교통정보 표준 링크 기준)
- 찾은 도로 링크에서 휴게소와 직선거리로 가장 가까운 점을 찾아서 링크를 상, 하로 분리
- 분리된 지점에서 도로 링크 상의 상 방향으로 1 킬로미터, 하 방향으로 1 킬로미터 지점을 찾고 링크 상에서 이어서 하나의 선으로 만들
- 해당 선에 버퍼(buffer) 기능을 적용하여 10 미터 두께를 가진 폴리곤을 생성

○ 주차장 폴리곤 생성

- 휴게소의 위치(점)에서 연결 도로 폴리곤 상 직선거리로 가장 가까운 점을 찾아서 휴게소-연결도로 선을 만들
- 위의 선을 확장하여 휴게소 반대 방향으로 50 미터 지점까지 휴게소 바깥 선을 그음
- 휴게소 바깥 선 끝 지점에 수직 선을 그어서 상, 하 200 미터 지점에 두 개의 휴게소 외각 점을 찍음
- 두 개의 외각 점에서 각각 연결 도로 폴리곤에 가장 짧은 선을 그어서 연결 도로와

만나는 점을 찾음

- 위의 점들을 모두 이어서 폴리곤을 생성

○ 위와 같이 생성된 연결도로 폴리곤과 주차장 폴리곤을 합침 (merge)



<그림 3-49> 완성된 휴게소 검출 폴리곤 모습

### 3) 졸음쉼터 검출 폴리곤 생성 방법

○ 위의 휴게소 검출 폴리곤 생성 방법과 동일한 방법으로 하되, 졸음쉼터 크기가 상대적으로 작으므로 폴리곤을 더 작게 생성함

## 4. 기종점통행량 산정 및 통행 DB구축

- 통행으로 구분되어 전처리과정까지 완료된 자료를 활용하여 전국 시도별 기종점통행량을 산정함
- 시군구별 운행특성 및 기타 물류거점별 통행특성을 분석하여 DB를 구축함

## 제7절 통행특성 분석

### 1. 운행특성 분석

#### 가. 1일통행 분석

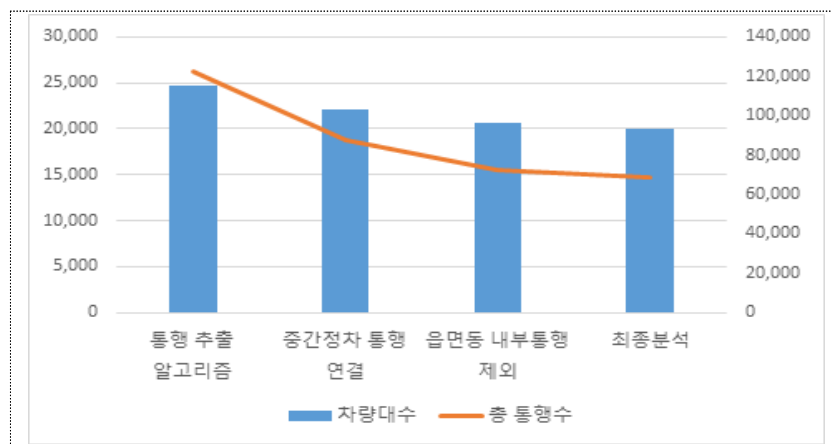
##### 1) 총 통행수 및 평균 통행수

- 2017년 10월 18일(수) 기준으로 통행 추출 알고리즘을 통해 24,722대 영업용 화물차의 122,689통행 자료를 추출하였으며, 중간정차(주유소, 휴게소 등) 통행을 연결하고 읍면동 내부통행을 제외한 통행 중에서 20,029대(68,318통행)에 대한 통행분석을 수행함
  - 최종분석에서는 영업용화물자동차 운행기록 좌표가 읍면동 GIS에 매칭이 되지 않는 통행과 제주도와 내륙간 통행은 제외함
- 최종분석 평균 통행수는 3.4통행/대로 2017년 전국 화물통행실태조사의 영업용 화물자동차 평균 통행수 2.9통행/대와 유사한 수준으로 나타남

<표 3-4> 영업용화물자동차 운행기록의 통행 추출 결과

단위: 대/일, 회/일

구분	차량대수	총 통행수	평균 통행수
통행 추출 알고리즘	24,722	122,689	5.0
중간정차 통행 연결	22,061	87,199	4.0
읍면동 내부통행 제외	20,549	72,304	3.5
최종분석	20,029	68,318	3.4



<그림 3-50> 영업용화물자동차 운행기록의 통행 추출 결과

## 2) 통행 발생량 및 도착량

- 영업용 화물차 발생량 및 도착량은 경기도가 37.5%로 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 나타남
- 경기도 다음으로 충청남도(발생 9.7%, 도착9.9%), 인천광역시(발생 7.0%, 도착 7.1%), 서울특별시(발생 5.4%, 도착 5.2%) 순으로 나타남
- 서울, 울산, 경기, 강원, 충북, 전남, 세종 지역은 도착량 대비 발생량이 많은 것으로 나타남

&lt;표 3-5&gt; 영업용화물자동차 운행기록자료의 통행 발생량 및 도착량

단위: 회/일, %

구분	발생량		도착량	
서울특별시	3,667	(5.4)	3,554	(5.2)
부산광역시	2,049	(3.0)	2,049	(3.0)
대구광역시	1,240	(1.8)	1,251	(1.8)
인천광역시	4,805	(7.0)	4,854	(7.1)
광주광역시	2,189	(3.2)	2,202	(3.2)
대전광역시	1,397	(2.0)	1,477	(2.2)
울산광역시	1,689	(2.5)	1,613	(2.4)
경기도	25,646	(37.5)	25,607	(37.5)
강원도	1,847	(2.7)	1,738	(2.5)
충청북도	3,636	(5.3)	3,630	(5.3)
충청남도	6,637	(9.7)	6,731	(9.9)
전라북도	2,813	(4.1)	2,844	(4.2)
전라남도	2,758	(4.0)	2,740	(4.0)
경상북도	3,651	(5.3)	3,714	(5.4)
경상남도	3,439	(5.0)	3,480	(5.1)
제주특별자치도	268	(0.4)	268	(0.4)
세종특별자치시	587	(0.9)	566	(0.8)
전국	68,318	(100.0)	68,318	(100.0)

## 3) 시도 내부통행 비율

- 시도 기준 전체 63,318통행 중에서 내부통행은 40,536통행으로 59.3%로 나타남
- 부산, 인천, 광주, 울산, 경기 강원, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주 지역은 내부통행 비율이 50.0% 이상인 것으로 나타남

&lt;표 3-6&gt; 영업용화물자동차 운행기록자료의 시도 내부통행 비율

단위: 회/일, %

구분	발생량	내부통행	
		통행량	비율
서울특별시	3,667	1,589	3.9
부산광역시	2,049	1,027	2.5
대구광역시	1,240	580	1.4
인천광역시	4,805	2,417	6.0
광주광역시	2,189	1,413	3.5
대전광역시	1,397	649	1.6
울산광역시	1,689	846	2.1
경기도	25,646	18,193	44.9
강원도	1,847	1,113	2.7
충청북도	3,636	1,493	3.7
충청남도	6,637	3,494	8.6
전라북도	2,813	1,768	4.4
전라남도	2,758	1,693	4.2
경상북도	3,651	2,074	5.1
경상남도	3,439	1,796	4.4
제주특별자치도	268	268	0.7
세종특별자치시	587	123	0.3
전국	68,318	40,536	100.0

## 4) 영업용화물자동차 운행기록 표본 O/D

- 영업용 화물차 DTG 자료를 활용하여 표본 기종점통행량을 구축한 결과는 <표 3-7>와 같음
- 경기도 지역의 표본 통행이 많은 것으로 나타나고, 내부통행을 포함한 단거리 통행이 많은 것으로 나타남

&lt;표 3-7&gt; 영업용화물자동차 운행기록자료의 표본 O/D

단위: 회/일

구분	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	세종	합계
서울	1,589	6	1	203	5	17	2	1,709	13	53	43	7	1	12	5	0	1	3,667
부산	12	1,027	43	7	8	8	100	52	6	16	28	21	21	85	613	0	2	2,049
대구	4	42	580	4	6	8	26	39	3	19	12	20	11	348	118	0	0	1,240
인천	184	6	8	2,417	15	24	7	1,725	37	80	170	42	16	42	20	0	12	4,805
광주	3	8	12	13	1,413	19	2	91	5	19	39	120	393	16	27	0	9	2,189
대전	14	6	9	10	13	649	6	157	7	170	182	52	3	25	16	0	78	1,397
울산	2	103	23	12	6	13	846	38	6	20	37	14	24	340	205	0	0	1,689
경기	1,582	45	59	1,787	83	182	33	18,193	367	940	1,759	155	76	193	108	0	84	25,646
강원	18	5	6	38	3	12	4	442	1,113	118	40	3	6	31	6	0	2	1,847
충북	45	26	20	88	24	158	22	913	92	1,493	362	72	39	114	68	0	100	3,636
충남	38	33	19	187	46	194	34	1,643	42	334	3,494	215	67	107	56	0	128	6,637
전북	22	12	22	21	109	54	17	164	5	77	223	1,768	223	37	46	0	13	2,813
전남	10	30	13	11	404	14	17	76	4	25	58	235	1,693	34	127	0	7	2,758
경북	13	81	323	33	22	32	306	176	29	119	106	41	34	2,074	260	0	2	3,651
경남	15	614	109	15	37	22	189	103	7	41	40	70	128	248	1,796	0	5	3,439
제주	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	268	0	268
세종	3	5	4	8	8	71	2	86	2	106	138	9	5	8	9	0	123	587
합계	3,554	2,049	1,251	4,854	2,202	1,477	1,613	25,607	1,738	3,630	6,731	2,844	2,740	3,714	3,480	268	566	68,318

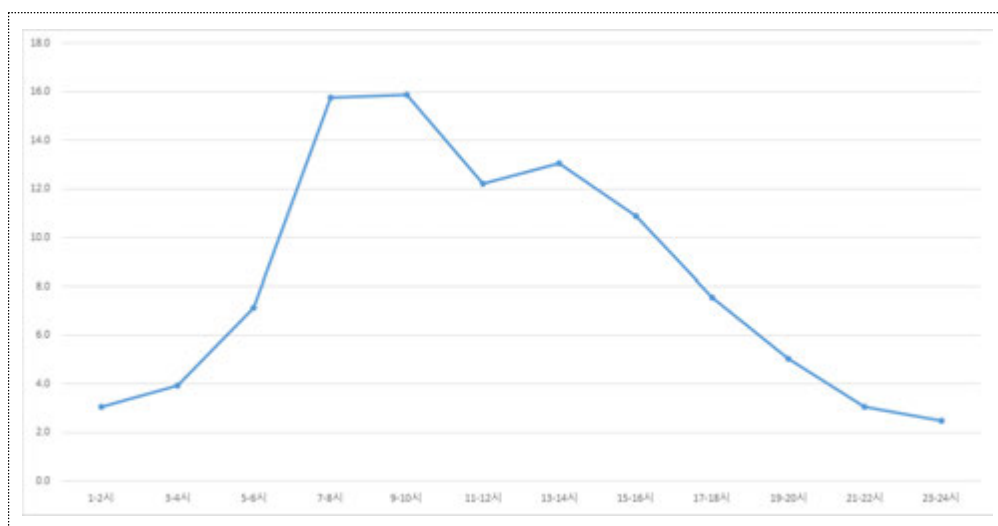
## 5) 시간대별 통행특성

- 영업용 화물차 시간대별 통행은 오전 첨두시간은 9~10시, 오후 첨두시간은 13~14시로 나타남

&lt;표 3-8&gt; 영업용화물자동차 운행기록자료의 시간대별 통행특성

단위: 회/일, %

구분	통행수	비율
1~2시	2,078	3.0
3~4시	2,676	3.9
5~6시	4,886	7.2
7~8시	10,769	15.8
9~10시	10,858	15.9
11~12시	8,345	12.2
13~14시	8,923	13.1
15~16시	7,421	10.9
17~18시	5,162	7.6
19~20시	3,431	5.0
21~22시	2,081	3.0
23~24시	1,688	2.5
합계	68,318	100.0



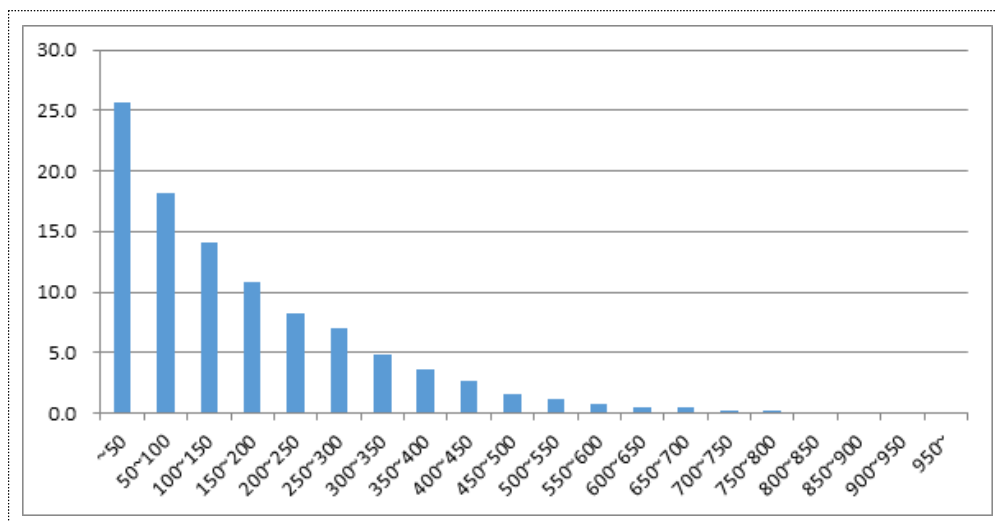
&lt;그림 3-51&gt; 영업용 화물차의 시간대별 통행특성

## 6) 일평균 통행특성

- 영업용 화물차는 일평균 약 5시간 36분(335.9분), 161.7km를 운행하는 것으로 나타났다, 차량 1대당 약 3.4통행하는 것으로 나타남
- 50km 이하는 통행하는 영업용 화물차가 전체 25.7%를 차지하고, 200km 이하를 통행하는 영업용 화물차가 전체 68.7%를 차지하는 것으로 나타남

&lt;표 3-9&gt; 영업용화물자동차 운행기록자료의 일평균 통행특성

구분	평균 통행시간(분)	평균 통행거리(km)	평균 통행수(회/일)
서울특별시	332.2	120.8	3.6
부산광역시	358.0	169.2	3.3
대구광역시	342.0	177.0	3.2
인천광역시	329.1	128.0	3.4
광주광역시	354.5	195.8	3.9
대전광역시	368.6	202.7	3.8
울산광역시	354.9	188.6	3.2
경기도	323.7	140.0	3.6
강원도	343.3	190.0	3.0
충청북도	352.0	195.6	3.3
충청남도	325.7	170.3	3.6
전라북도	355.5	187.3	3.1
전라남도	341.4	187.1	2.9
경상북도	350.0	191.8	3.1
경상남도	350.4	187.2	3.2
제주특별자치도	172.8	75.9	2.8
세종특별자치시	364.9	161.7	3.4
전국	335.9	161.6	3.4



&lt;그림 3-52&gt; 영업용화물자동차 운행기록자료의 일평균 통행특성



## 7) 일평균 통행수

- 영업용 화물차는 2통행/일의 비율이 22.9% 가장 많고, 6통행/일 이하의 영업용 화물차가 전체 92.4%를 차지하는 것으로 나타남

&lt;표 3-10&gt; 영업용화물자동차 운행기록자료의 일평균 통행수

단위: 회/일, %

통행수	차량수	비율	누적비율
1	3,455	17.2	17.2
2	4,583	22.9	40.1
3	3,776	18.9	59.0
4	3,166	15.8	74.8
5	2,180	10.9	85.7
6	1,349	6.7	92.4
7	684	3.4	95.8
8	370	1.8	97.7
9	196	1.0	98.7
10	111	0.6	99.2
11	62	0.3	99.5
12	38	0.2	99.7
13	14	0.1	99.8
14	11	0.1	99.8
15	6	0.0	99.9
16	7	0.0	99.9
17	4	0.0	99.9
18	4	0.0	99.9
19	3	0.0	100.0
20	5	0.0	100.0
21	1	0.0	100.0
22	1	0.0	100.0
23	0	0.0	100.0
24	2	0.0	100.0
25	1	0.0	100.0
합계	20,029	100.0	

## 나. 1주일 통행분석

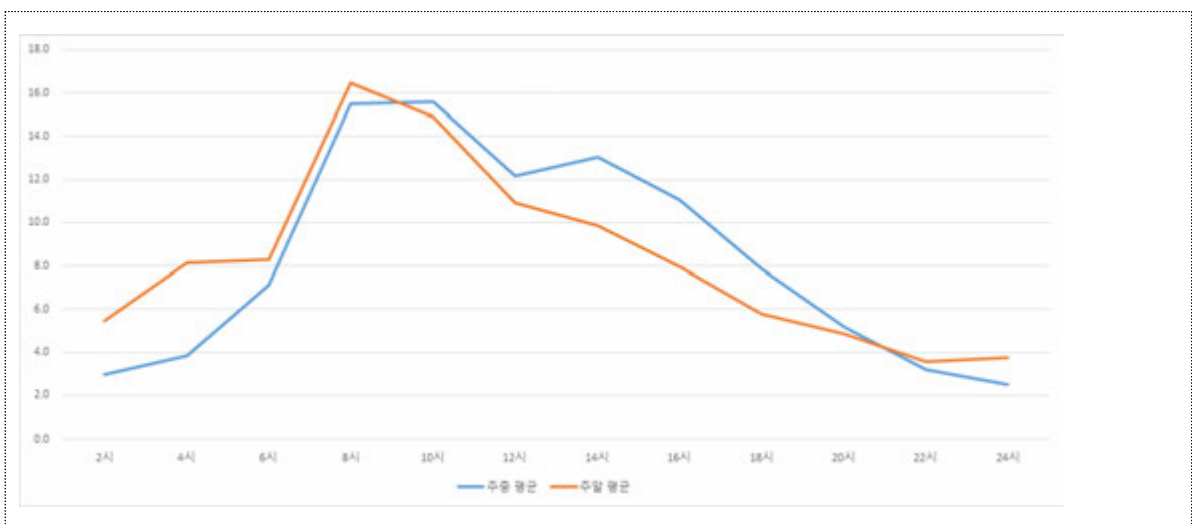
### 1) 시간대별 통행특성

- 영업용 화물차 주중 통행은 오전/오후 첨두시간이 나타나지만, 주말 통행은 오전 첨두시간만 나타남

<표 3-11> 영업용화물자동차 운행기록자료의 주중/주말 시간대별 통행특성 비교

단위: 회/일, %

구분	주중 평균		주말 평균	
	통행수	비율	통행수	비율
1~2시	2,050	3.0	1,047	5.4
3~4시	2,650	3.8	1,548	8.2
5~6시	4,903	7.1	2,204	8.3
7~8시	10,680	15.5	4,651	16.5
9~10시	10,723	15.6	4,179	14.9
11~12시	8,365	12.1	3,058	10.9
13~14시	9,002	13.1	2,719	9.9
15~16시	7,628	11.1	2,082	7.9
17~18시	5,422	7.9	1,389	5.8
19~20시	3,586	5.2	1,081	4.9
21~22시	2,203	3.2	758	3.6
23~24시	1,720	2.5	755	3.8
합계	68,930	100.0	25,469	100.0



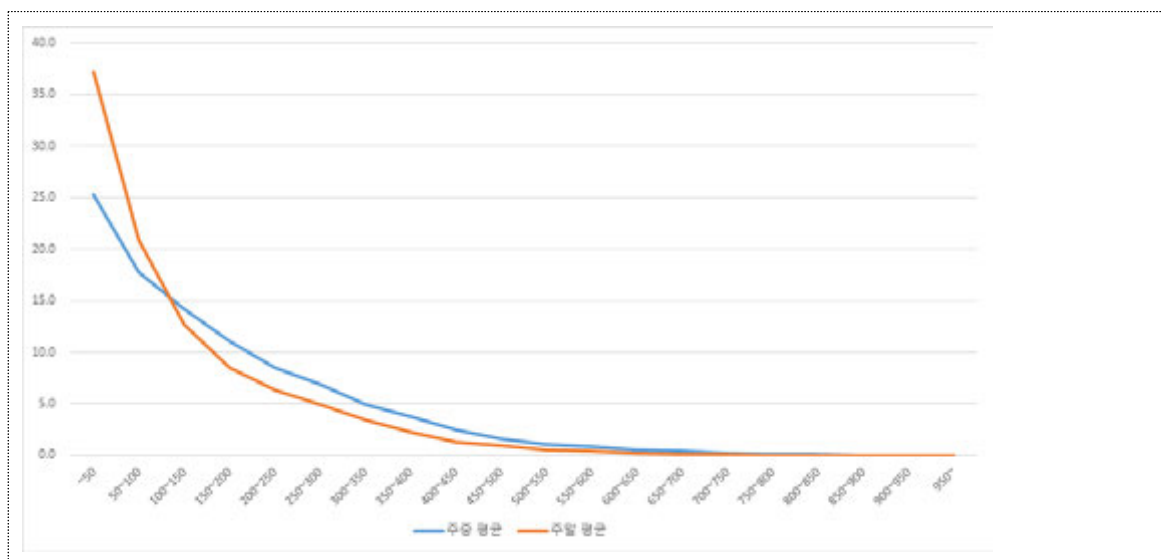
<그림 3-53> 영업용화물자동차 운행기록자료의 주중/주말 시간대별 통행특성 비교

## 2) 일평균 통행특성

- 주중과 주말의 영업용 화물차 일평균 통행특성을 비교한 결과, 주말이 주중의 평균 통행시간 70.6%, 평균 통행거리 73.5%, 평균 통행수 73.7% 수준인 것으로 나타남
- 주중과 주말의 영업용 화물차 통행거리를 비교한 결과, 주중에는 장거리 통행 비율이 높고, 주말에는 단거리 통행 비율이 높은 것으로 나타남

<표 3-12> 영업용화물자동차 운행기록자료의 주중/주말 일평균 통행특성 비교

구분	평균 통행시간(분)	평균 통행거리(km)	평균 통행수(회/일)
월	338.0	167.3	3.4
화	339.5	165.1	3.5
수	335.9	161.6	3.4
목	334.5	163.3	3.4
금	325.3	157.5	3.4
토	241.0	114.6	2.7
일	231.4	125.1	2.3
주중	334.6	163.0	3.4
주말	236.2	119.8	2.5
주말/주중(%)	70.6	73.5	73.7



<그림 3-54> 영업용화물자동차 운행기록자료의 주중/주말 일평균 통행특성 비교

## 다. 트립체인 분석

- 2017년 10월 18일 수요일 자료를 기준으로 차량별 트립체인 유형을 구분하고 통행수에 따라 분석한 결과는 아래와 같음
- 트립체인 분석은 자료의 특성상 차량의 궤적정보가 아닌 읍면동을 기준으로 세분화하여 통행을 구분하였음
- 트립체인 유형은 1회 통행의 경우 출발지 기준으로 같은 읍면동 내 통행(1-1), 다른 읍면동 간 통행(1-2)으로 정의하여 유형을 구분하였음

### 1) 통행량 및 유형분석

- 전체 총 통행량은 23,002회/일로 통행별로 보았을 때, 편도통행이 57.5% 가장 높았으며 그 다음으로 총 통행수가 3통행인 경우가 8.6%로 높게 나타났음

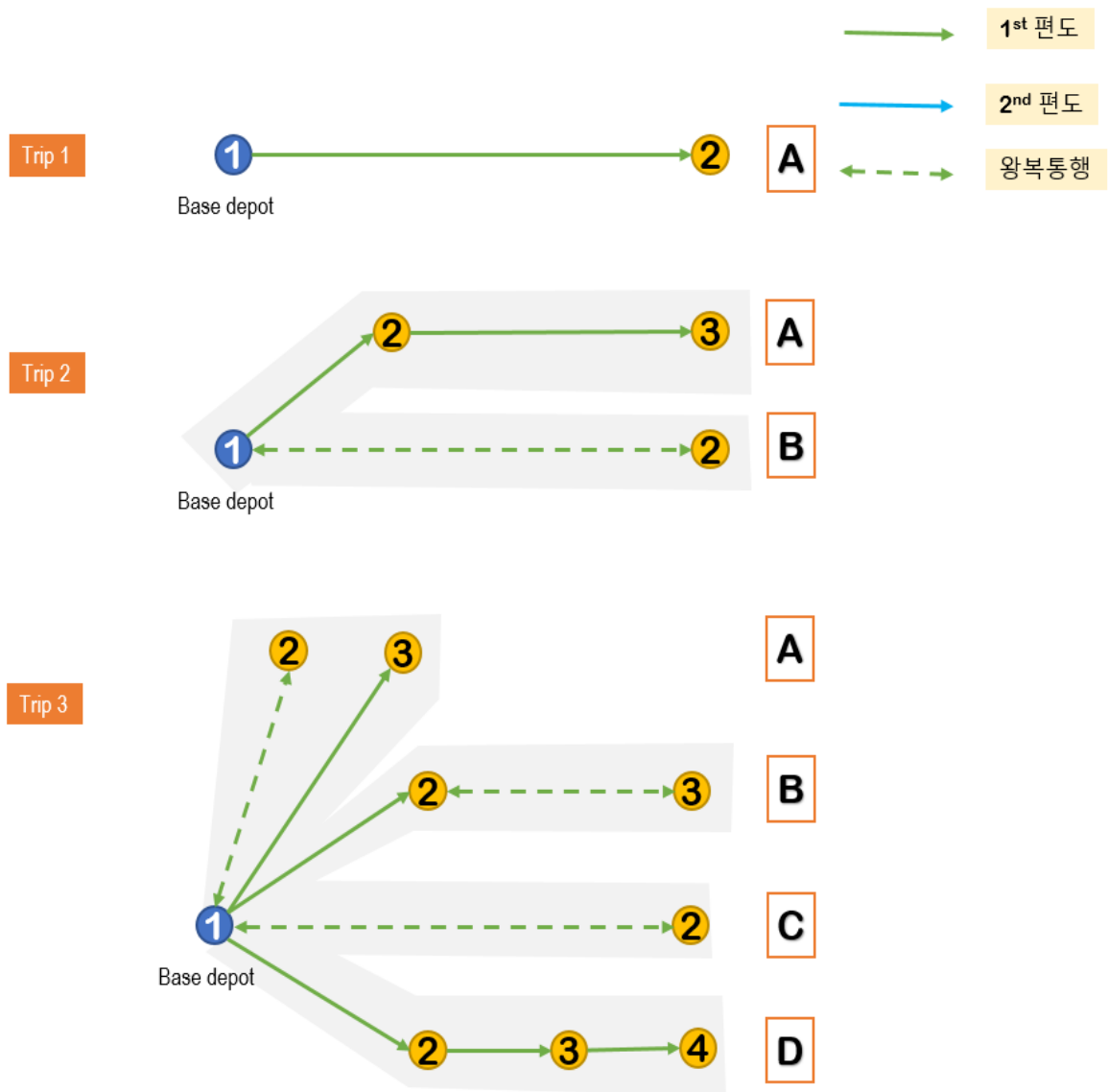
<표 3-13> 영업용화물자동차 운행기록자료의 1일기준 총통행수 기준의 차량수

총 통행수	통행량(회/일)	비율(%)	누적율(%)
1	13,234	57.5	57.50
2	1,761	7.7	65.19
3	1,987	8.6	73.83
4	1,747	7.6	81.42
5	1,561	6.8	88.21
6	1,035	4.5	92.71
7	713	3.1	95.81
8	406	1.8	97.57
9	208	0.9	98.48
10	129	0.6	99.04
11	74	0.3	99.36
12	50	0.2	99.58
13	31	0.1	99.71
14	24	0.1	99.82
15	9	0.0	99.86
16	3	0.0	99.87
17	7	0.0	99.90
18	6	0.0	99.93
19	3	0.0	99.94
20통행 이상	14	0.0	100.00
합계	23,002	100.0	-

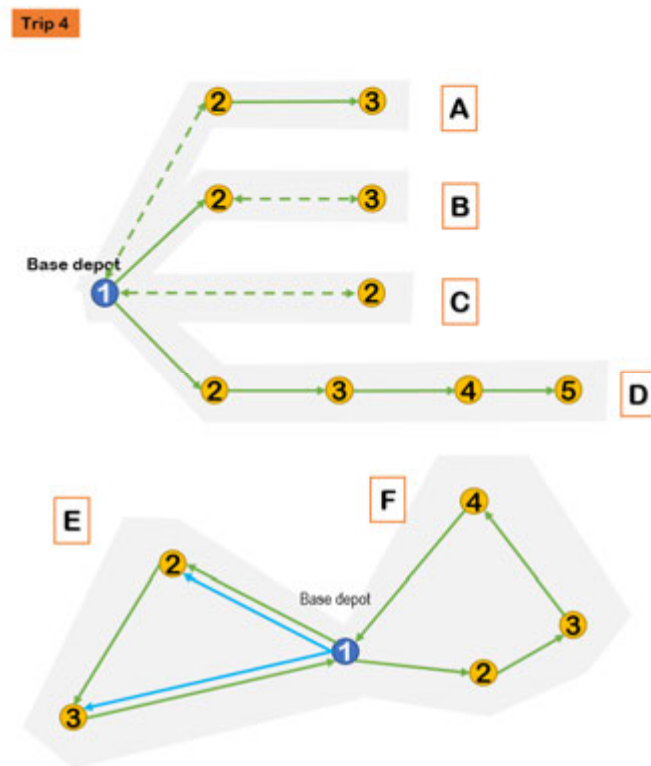
- 각 차량의 통행유형을 총 통행수 기준으로 구분하며 통행수가 증가할수록 트립체인 유형은 다양하게 발생함
- 총 통행수가 1통행~3통행을 한 차량의 경우 트립체인유형이 다음과 같이 나타났음
- 3통행 기준인 경우 편도통행으로 도착지 3곳을 통행한 경우가 32.9%로 가장 높았으며, 다른 2곳을 통행한 후 최초 출발지로 돌아오는 유형이 21.6%이었음

<표 3-14> 영업용화물자동차 운행기록자료의 1일기준 총통행수 및 통행량

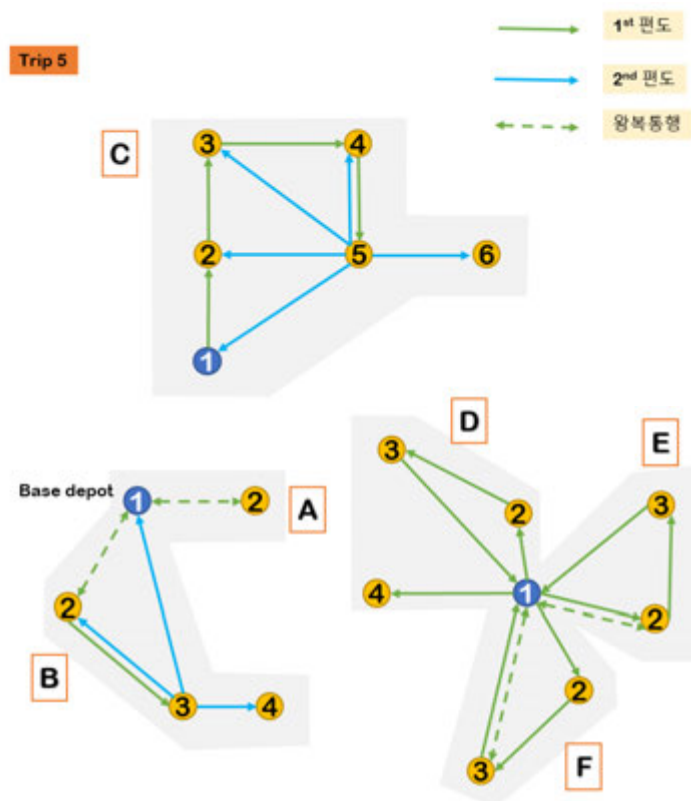
트립체인 유형		통행량	비율
1통행	1-1	2,444	18.5
	1-2	10,790	81.5
	합계	13,234	100.0
2통행	1-1-1	134	7.6
	1-1-2	124	7.0
	1-2-1	548	31.1
	1-2-2	135	7.7
	1-2-3	820	46.6
	합계	1,761	100.0
3통행	1-1-1-1	70	3.5
	1-1-1-2	29	1.5
	1-1-2-1	79	4.0
	1-1-2-2	8	0.4
	1-1-2-3	69	3.5
	1-2-1-1	126	6.3
	1-2-1-2	158	8.0
	1-2-2-1	72	3.6
	1-2-2-2	28	1.4
	1-2-2-3	83	4.2
	1-2-3-1	429	21.6
	1-2-3-2	128	6.4
	1-2-3-3	55	2.8
	1-2-3-4	653	32.9
	합계	1,987	100.0



<그림 3-55> DTG 자료의 1통행 ~ 3통행 기준 트립체인 주요 유형



<그림 3-56> DTG 자료의 4통행 기준 트립체인 주요 유형



<그림 3-57> DTG 자료의 5통행 기준 트립체인 주요 유형

## 제8절 기타분석

### 1. 영업용 화물자동차의 물류거점 유형별 통행특성 분석

#### 가. 물류거점별 분석

##### 1) 물류거점 현황 및 자료추출

- 전국의 물류거점을 총 13가지 유형으로 분류하여 현황을 조사한 결과 아래와 같음
- 철도역은 화물철도역만을 대상으로 하였음
- 각 물류거점의 주소지를 이용하여 위치좌표를 추출하였음
- 이후 각 물류거점의 위경도에 반경 3km를 기준으로 해당 반경에서 통행하는 자료들을 매칭시켜 분석하였음
- 자료 기간은 2017년 10월 18일 오전 6시부터 2017년 10월 19일 오전 6시 이전까지의 통행만 고려하였음

<표 3-15> 물류거점별 현황 및 거점간 표본수

		물류거점 수	거점간 pair 수
항만배후단지		5	163
공항물류단지		2	56
내륙물류기지	IFT	5	172
	ICD	2	31
물류단지		18	455
일반물류터미널		34	684
철도역		83	741
공항		15	107
농수산물시장		47	596
무역항		31	273
연안항		28	47
합계		270	3,325

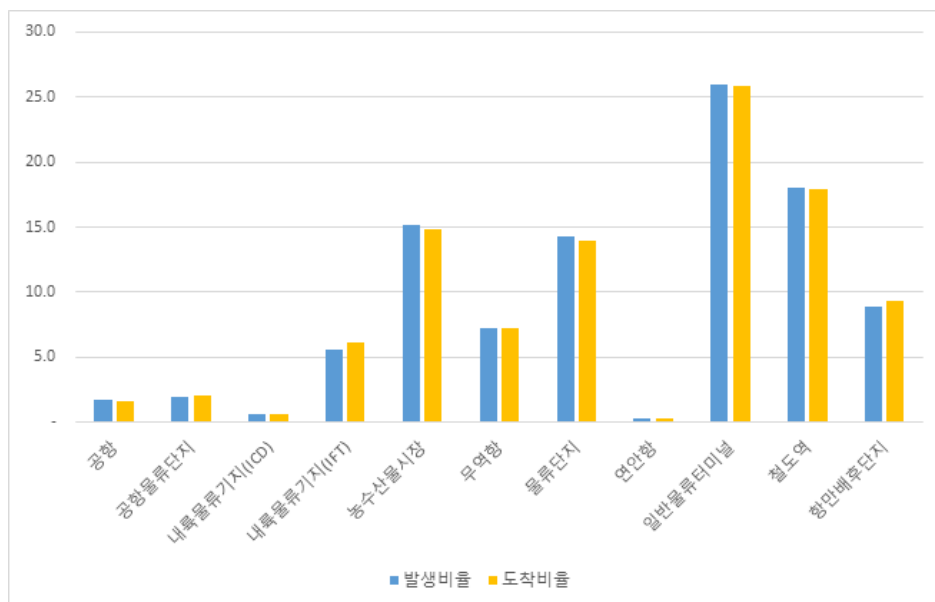


## 2) 물류거점별 발생량 및 도착량

- 물류거점 유형별 발생량 및 도착량은 아래와 같음
- 발생량 및 도착량 비중이 높은 물류거점은 기타를 제외하고 일반물류터미널이 가장 높았으며, 그 다음으로 철도역, 농수산물시장, 물류단지 순으로 나타났음

<표 3-16> 물류거점별 발생/도착량 및 발생/도착비율

	발생량		도착량	
	통행량	비율	통행량	비율
공항	485	1.7	465	1.6
공항물류단지	558	2.0	574	2.0
내륙물류기지(ICD)	174	0.6	186	0.7
내륙물류기지(IFT)	1,569	5.6	1,728	6.1
농수산물시장	4,211	15.1	4,187	14.8
무역항	2,004	7.2	2,039	7.2
물류단지	3,989	14.3	3,960	14.0
연안항	90	0.3	92	0.3
일반물류터미널	7,221	26.0	7,326	25.9
철도역	5,033	18.1	5,082	18.0
항만배후단지	2,490	8.9	2,650	9.4
총합계	27,824	100.0	28,289	100.0



<그림 3-58> 물류거점 유형별 발생량 및 도착량 비율(기타제외)

&lt;표 3-17&gt; 물류거점 분석대상 리스트

No	분류	물류거점명	No	분류	물류거점명
1	항만배후단지	광양항만 배후단지	107	철도역	민중역
2	항만배후단지	부산산항 물류단지	108	철도역	안강역
3	항만배후단지	평택항 배후단지	109	철도역	극락강역
4	항만배후단지	인천아남 물류단지	110	철도역	간치역
5	항만배후단지	감천항 물류단지	111	철도역	광양항역
6	공항물류단지	김포공항 물류단지	112	철도역	고명역
7	공항물류단지	인천공항 물류단지	113	철도역	삼곡역
8	내륙물류기지 (IFT)	군포복합물류터미널 (IFT)	114	철도역	도담역
9	내륙물류기지 (IFT)	양산복합물류터미널 (IFT)	115	철도역	주평역
10	내륙물류기지 (IFT)	장성복합물류터미널 (IFT)	116	철도역	장락역
11	내륙물류기지 (IFT)	중부복합물류터미널 (IFT) 및 ICD	117	철도역	태금역
12	내륙물류기지 (IFT)	영남권 복합물류터미널 (IFT) 및 ICD(철곡)	118	철도역	괴동역
13	내륙물류기지 (ICD)	양산 ICD	119	철도역	송학역
14	내륙물류기지 (ICD)	의왕 ICD	120	철도역	입석리역
15	물류단지	대전종합유통단지	121	철도역	쌍용역
16	물류단지	김포고촌 물류단지 (김포터미널 물류단지)	122	철도역	연당역
17	물류단지	경인아라뱃길인천 물류단지	123	철도역	아화역
18	물류단지	부천오정 물류단지	124	철도역	문수역
19	물류단지	안성원곡 물류단지	125	철도역	석항역
20	물류단지	평택도일 물류단지 (평택종합물류단지)	126	철도역	평은역
21	물류단지	광주초월 물류단지	127	철도역	흥곡사역
22	물류단지	곤지암 물류센터 (광주도척물류단지 내)	128	철도역	무릉역
23	물류단지	이천패션 물류단지	129	철도역	운산역
24	물류단지	안동종합물류단지	130	철도역	석포역
25	물류단지	남대전종합물류단지	131	철도역	적량역
26	물류단지	서울동남권물류단지 (서울복합물류단지)	132	철도역	북전주역
27	물류단지	전주장동물류단지 (장동유통단지)	133	철도역	양산화물역
28	물류단지	천안물류유통단지	134	철도역	외룡역
29	물류단지	음성 (축산물) 유통단지	135	철도역	동익산역
30	물류단지	영동환간	136	철도역	감곡역
31	물류단지	울산진장 (1단계)	137	철도역	도계역
32	물류단지	울산진장 (2단계)	138	철도역	동산역
33	일반물류터미널	한국화물터미널	139	철도역	노령역
34	일반물류터미널	서부트럭터미널	140	철도역	장산화물역
35	일반물류터미널	동부물류터미널	141	철도역	목호항역
36	일반물류터미널	부산물류터미널	142	철도역	임곡역
37	일반물류터미널	서부물류터미널	143	철도역	오수역
38	일반물류터미널	북부물류터미널	144	철도역	하남역
39	일반물류터미널	동부물류터미널	145	철도역	육계역
40	일반물류터미널	영창화물트럭터미널	146	철도역	안인역
41	일반물류터미널	인천한진전용물류터미널	147	철도역	함평역
42	일반물류터미널	인천트럭터미널	148	철도역	오봉역
43	일반물류터미널	광주화물자동차터미널	149	철도역	삼화역
44	일반물류터미널	풍암물류터미널	150	공항	인천국제공항
45	일반물류터미널	중부대전물류터미널	151	공항	광주공항
46	일반물류터미널	대전공용화물터미널	152	공항	군산공항
47	일반물류터미널	울산화물터미널	153	공항	김포국제공항
48	일반물류터미널	한진화물터미널	154	공항	김해국제공항
49	일반물류터미널	안산화물터미널	155	공항	대구국제공항
50	일반물류터미널	안산물류터미널	156	공항	무안국제공항
51	일반물류터미널	평택물류터미널	157	공항	시천공항
52	일반물류터미널	중부공용화물터미널	158	공항	양양국제공항
53	일반물류터미널	시화공단공용화물터미널	159	공항	여수공항
54	일반물류터미널	한샘물류터미널	160	공항	울산공항
55	일반물류터미널	서부공용화물터미널	161	공항	원주공항
56	일반물류터미널	청주화물터미널	162	공항	제주국제공항

&lt;표 3-18&gt; 물류거점 분석대상 리스트(계속)

No	분류	물류거점명	No	분류	물류거점명
57	일반물류터미널	보은화물터미널	163	공항	청주국제공항
58	일반물류터미널	아산공용물류터미널	164	공항	포항공항
59	일반물류터미널	중부물류터미널	165	농수산물시장	서울가락
60	일반물류터미널	신익산화물터미널	166	농수산물시장	서울감서
61	일반물류터미널	여천화물터미널	167	농수산물시장	부산염곡
62	일반물류터미널	여천트럭화물터미널	168	농수산물시장	부산반여
63	일반물류터미널	여수일반물류터미널	169	농수산물시장	부산국제
64	일반물류터미널	삼일물류터미널	170	농수산물시장	대구북부
65	일반물류터미널	구미물류터미널	171	농수산물시장	인천구월
66	일반물류터미널	진주화물터미널	172	농수산물시장	인천삼산
67	철도역	가야역	173	농수산물시장	광주각화
68	철도역	연무대역	174	농수산물시장	광주서부
69	철도역	한림정역	175	농수산물시장	대전오정
70	철도역	소정리역	176	농수산물시장	대전노은
71	철도역	전의역	177	농수산물시장	울산
72	철도역	화랑대역	178	농수산물시장	수원
73	철도역	부강역	179	농수산물시장	안양
74	철도역	매포역	180	농수산물시장	안산
75	철도역	화덕역	181	농수산물시장	구리
76	철도역	진영역	182	농수산물시장	춘천
77	철도역	대전조차장역	183	농수산물시장	원주
78	철도역	덕산역	184	농수산물시장	강릉
79	철도역	오근장역	185	농수산물시장	청주
80	철도역	옥천역	186	농수산물시장	충주
81	철도역	도안역	187	농수산물시장	천안
82	철도역	심천역	188	농수산물시장	전주
83	철도역	달천역	189	농수산물시장	익산
84	철도역	청리역	190	농수산물시장	정읍
85	철도역	아포역	191	농수산물시장	순천
86	철도역	악목역	192	농수산물시장	포항
87	철도역	신동역	193	농수산물시장	안동
88	철도역	가천역	194	농수산물시장	구미
89	철도역	청천역	195	농수산물시장	창원팔용
90	철도역	청도역	196	농수산물시장	창원내서
91	철도역	상동역	197	농수산물시장	진주
92	철도역	가수원역	198	농수산물시장	노량진수산물
93	철도역	부산진역	199	농수산물시장	대구축산물
94	철도역	우암역	200	농수산물시장	대구한약재
95	철도역	흑석리역	201	농수산물시장	인천가좌축산물
96	철도역	신창원역	202	농수산물시장	광주축산물
97	철도역	신산대역	203	농수산물시장	안양축산물
98	철도역	벽제역	204	농수산물시장	목포농산물
99	철도역	좌천역	205	농수산물시장	여수농산물
100	철도역	온산역	206	농수산물시장	포항수산물
101	철도역	진해역	207	농수산물시장	경주농산물
102	철도역	태화강역	208	농수산물시장	김천농산물
103	철도역	장생포역	209	농수산물시장	영천농산물
104	철도역	울산항역	210	농수산물시장	논산민영농산물
105	철도역	신성역	211	농수산물시장	상주민영농산물
106	철도역	나원역			

&lt;표 3-19&gt; 물류거점 분석대상 리스트(계속)

No	분류	물류거점명	No	분류	물류거점명
212	무역항	경인항	242	무역항	호산항
213	무역항	고현항	243	연안항	가거항티항
214	무역항	광양항	244	연안항	강구항
215	무역항	군산항	245	연안항	거문도항
216	무역항	대산항	246	연안항	구룡포항
217	무역항	동해항	247	연안항	나로도항
218	무역항	마산항	248	연안항	녹동신항
219	무역항	목포항	249	연안항	대천항
220	무역항	목호항	250	연안항	땅끝항(갈두항)
221	무역항	보령항	251	연안항	부산남항
222	무역항	부산항	252	연안항	비인항
223	무역항	삼척항	253	연안항	상왕등도항
224	무역항	삼천포항	254	연안항	성산포항
225	무역항	서귀포항	255	연안항	송공항
226	무역항	속초항	256	연안항	신마항
227	무역항	여수항	257	연안항	애월항
228	무역항	옥계항	258	연안항	연평도항
229	무역항	옥포항	259	연안항	용기포항
230	무역항	완도항	260	연안항	율령항
231	무역항	울산항	261	연안항	주문진항
232	무역항	인천항	262	연안항	중화항
233	무역항	장승포항	263	연안항	진도항(팽목항)
234	무역항	장항항	264	연안항	주자항
235	무역항	제주항	265	연안항	한립항
236	무역항	진해항	266	연안항	홍도항
237	무역항	태안항	267	연안항	회순항
238	무역항	통영항	268	연안항	화흥포항
239	무역항	평택*당진항	269	연안항	후포항
240	무역항	포항항	270	연안항	흑산도항
241	무역항	하동항	271	기타	기타

#### 나. 물류거점 통행분포

##### 1) 전국 물류거점 유형별 O/D분포

- 물류거점별 통행 O/D분포비율은 아래 <표 3-20>과 같음
- 단, 통행의 출발과 도착이 같은 물류거점에서 일어나는 경우는 제외함 (예: “광양항만 배후단지”에서 출발하고 같은 단지에 도착하는 통행은 제외)
- 여러 개의 물류거점이 위의 3km 원형 폴리곤 반경에 겹치는 경우, 겹치는 물류거점을 모두 고려함

&lt;표 3-20&gt; 물류거점별 통행 O/D 분포(기타유형 포함)

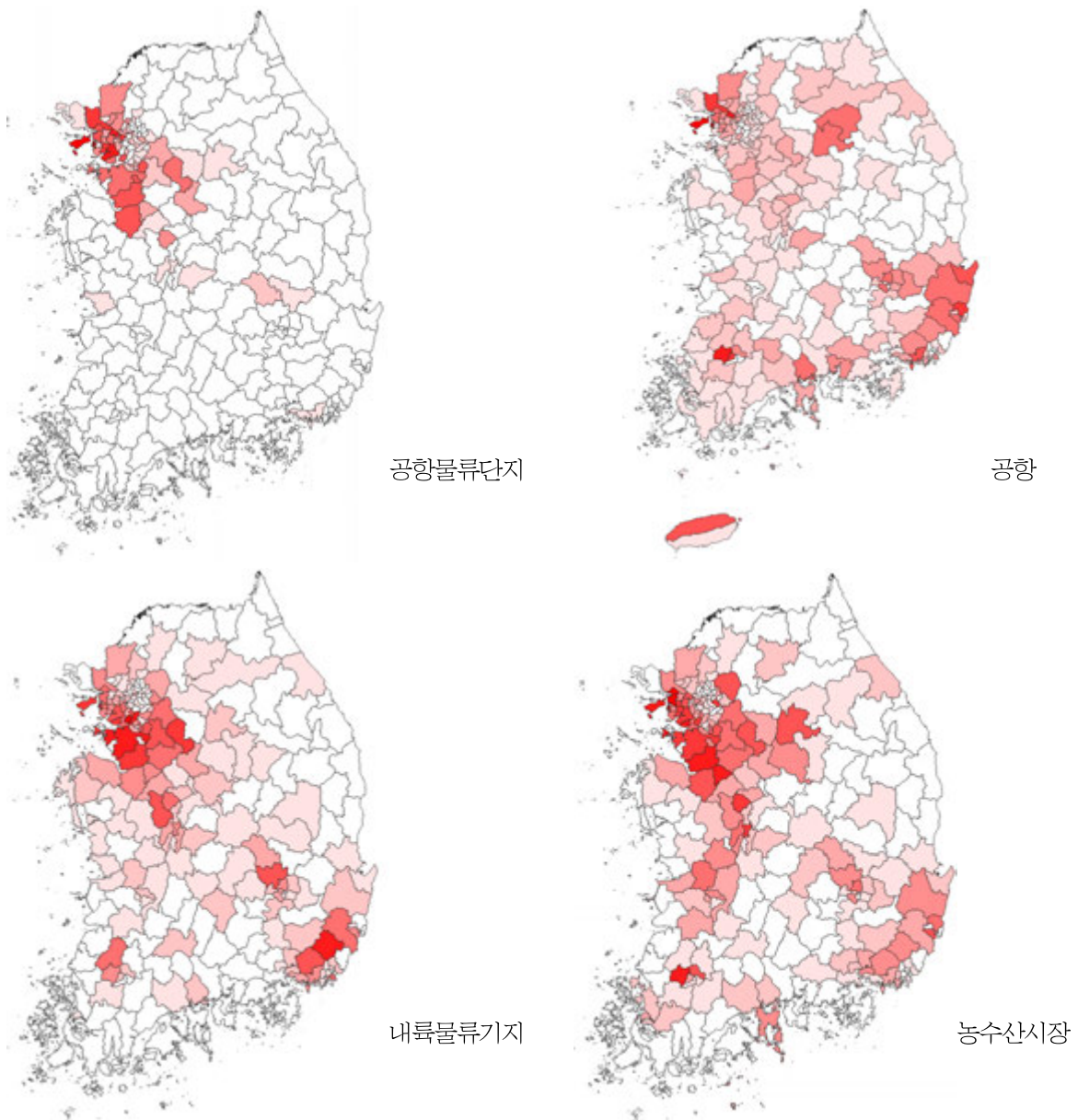
출발지 \ 도착지	공항	공항물류단지	ICD	IFT	농수산물시장	무역항	물류단지	연안항	일반물류터미널	철도역	항만배후단지	기타	합계
공항	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.6
공항물류단지	0.0	0.3	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7
ICD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
IFT	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.9	1.8
농수산물시장	0.0	0.0	0.0	0.1	1.0	0.1	0.2	0.0	0.4	0.2	0.1	2.7	4.9
무역항	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	1.2	2.4
물류단지	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	1.0	0.0	0.4	0.2	0.1	2.7	4.6
연안항	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
일반물류터미널	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.2	0.4	-	2.5	0.4	0.3	4.1	8.4
철도역	0.1	-	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.4	2.0	0.1	2.7	5.9
항만배후단지	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	-	0.3	0.1	1.1	1.0	2.9
기타	0.3	0.2	0.1	1.0	2.7	1.2	2.7	0.1	4.2	2.8	1.2	50.9	67.4
합계	0.5	0.7	0.2	2.0	4.9	2.4	4.6	0.1	8.5	6.0	3.1	66.8	100.0

&lt;표 3-21&gt; 물류거점별 통행 O/D 분포(기타유형 제외)

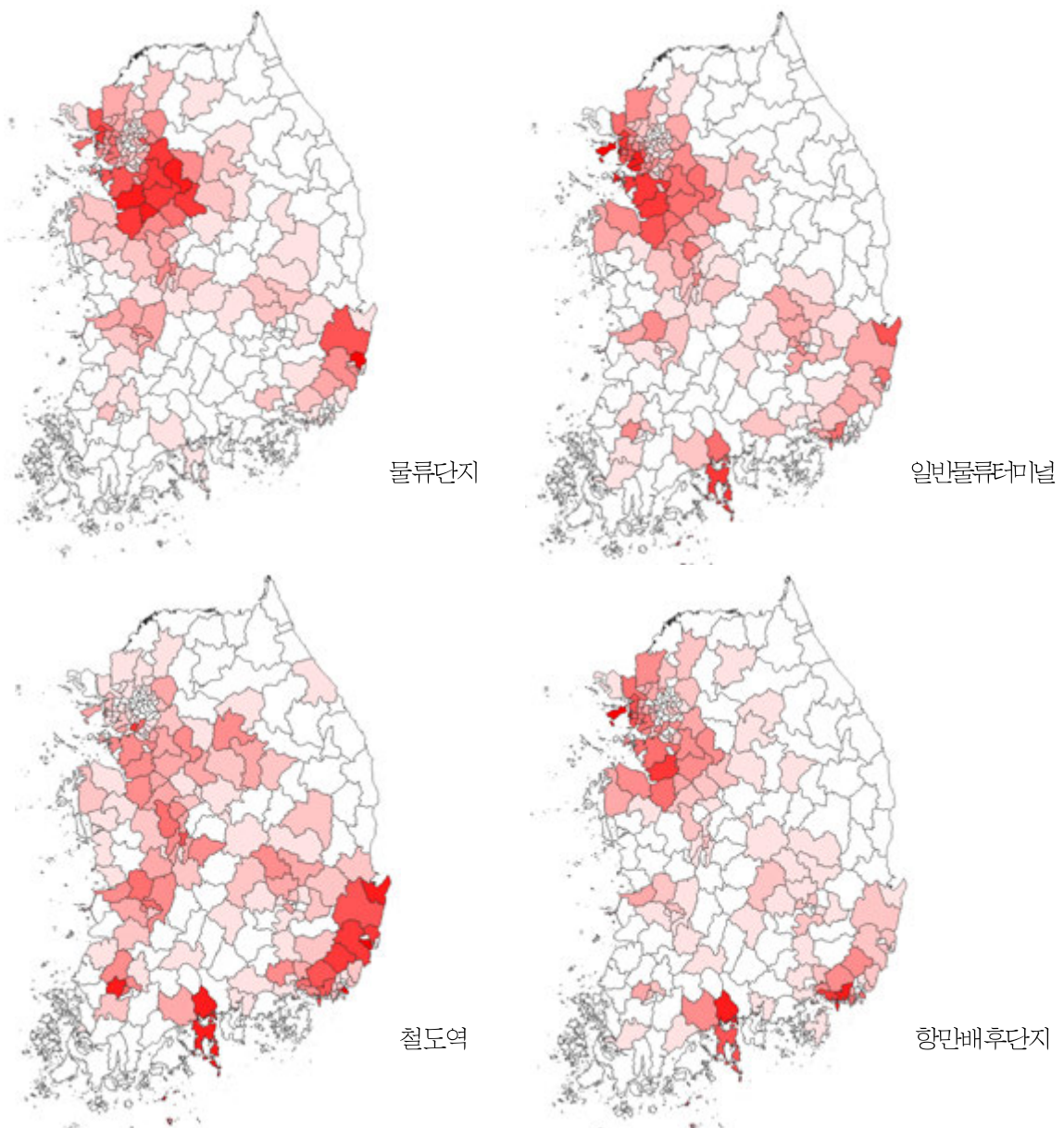
출발지 \ 도착지	공항	공항물류단지	ICD	IFT	농수산물시장	무역항	물류단지	연안항	일반물류터미널	철도역	항만배후단지	합계
공항	0.4	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.3	0.3	0.1	1.8
공항물류단지	0.0	1.9	-	0.1	0.2	0.0	0.2	-	0.2	0.0	0.2	2.8
ICD	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	-	0.1	-	0.1	0.0	0.0	0.5
IFT	0.1	0.0	0.1	2.8	0.7	0.1	0.3	0.0	0.7	0.7	0.3	5.8
농수산물시장	0.2	0.2	0.1	0.8	6.0	0.4	1.3	0.0	2.6	1.4	0.5	13.4
무역항	0.2	0.0	0.0	0.1	0.5	3.7	0.3	0.1	1.0	0.7	0.6	7.2
물류단지	0.0	0.2	0.0	0.3	1.4	0.4	5.8	0.0	2.2	1.0	0.4	11.7
연안항	-	-	-	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.4
일반물류터미널	0.2	0.2	0.1	0.9	2.5	1.0	2.1	-	14.8	2.2	2.0	26.0
철도역	0.4	-	0.1	0.6	1.2	0.6	1.1	0.0	2.2	12.1	0.9	19.2
항만배후단지	0.1	0.1	0.0	0.3	0.5	0.5	0.3	-	2.0	0.8	6.5	11.2
합계	1.7	2.6	0.5	6.1	13.4	6.9	11.6	0.3	26.0	19.3	11.5	100.0

## 2) 물류거점 유형별 시군구 통행분포

- 각 물류거점 유형에 따라 8가지(산업단지, 창고업 제외)로 구분하여, 시군구에서 발생분포는 아래 그림과 같음



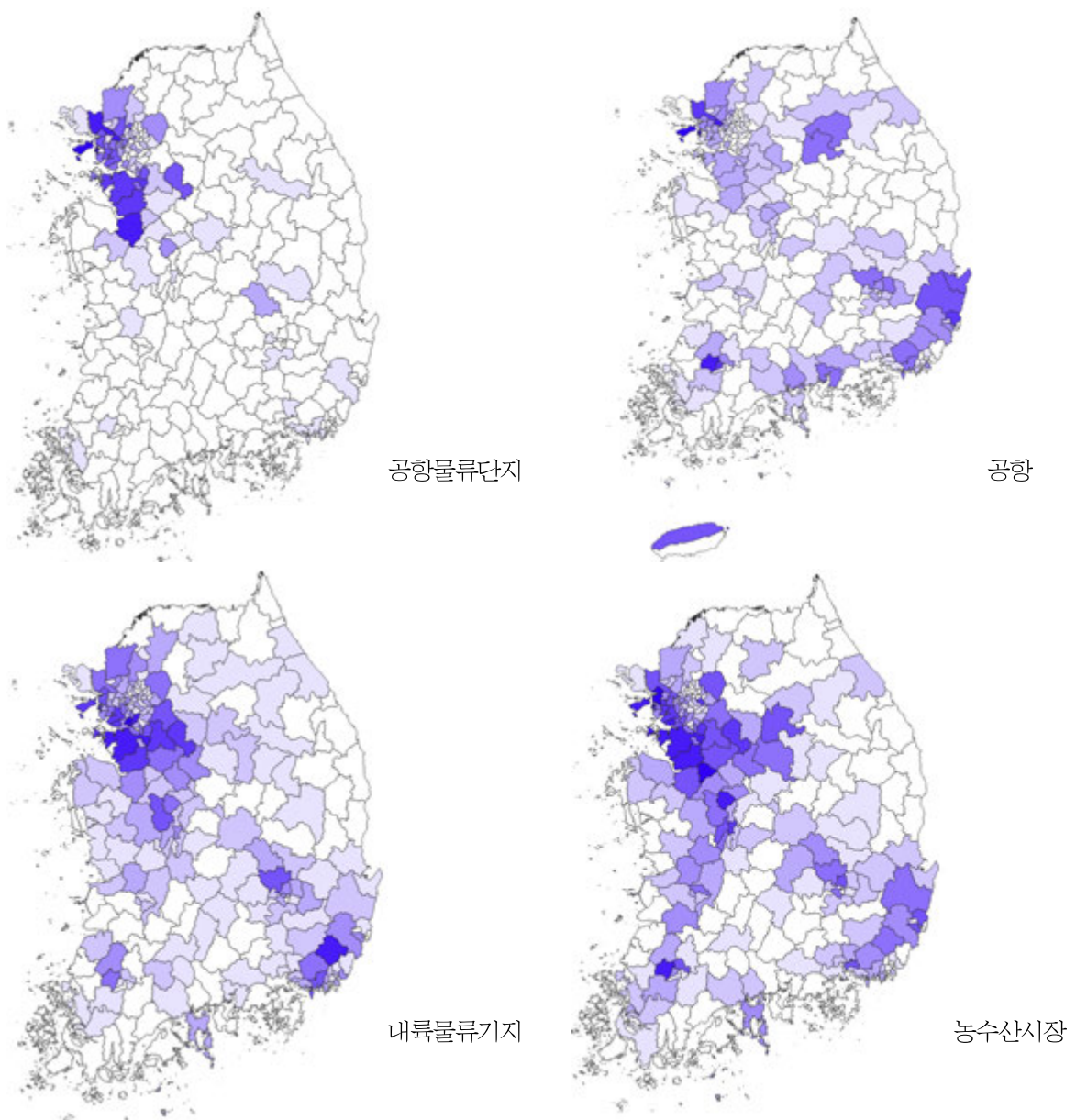
<그림 3-59> 물류거점 유형별 시군구 발생량 분포



<그림 3-60> 물류거점 유형별 시군구 발생량 분포(계속)

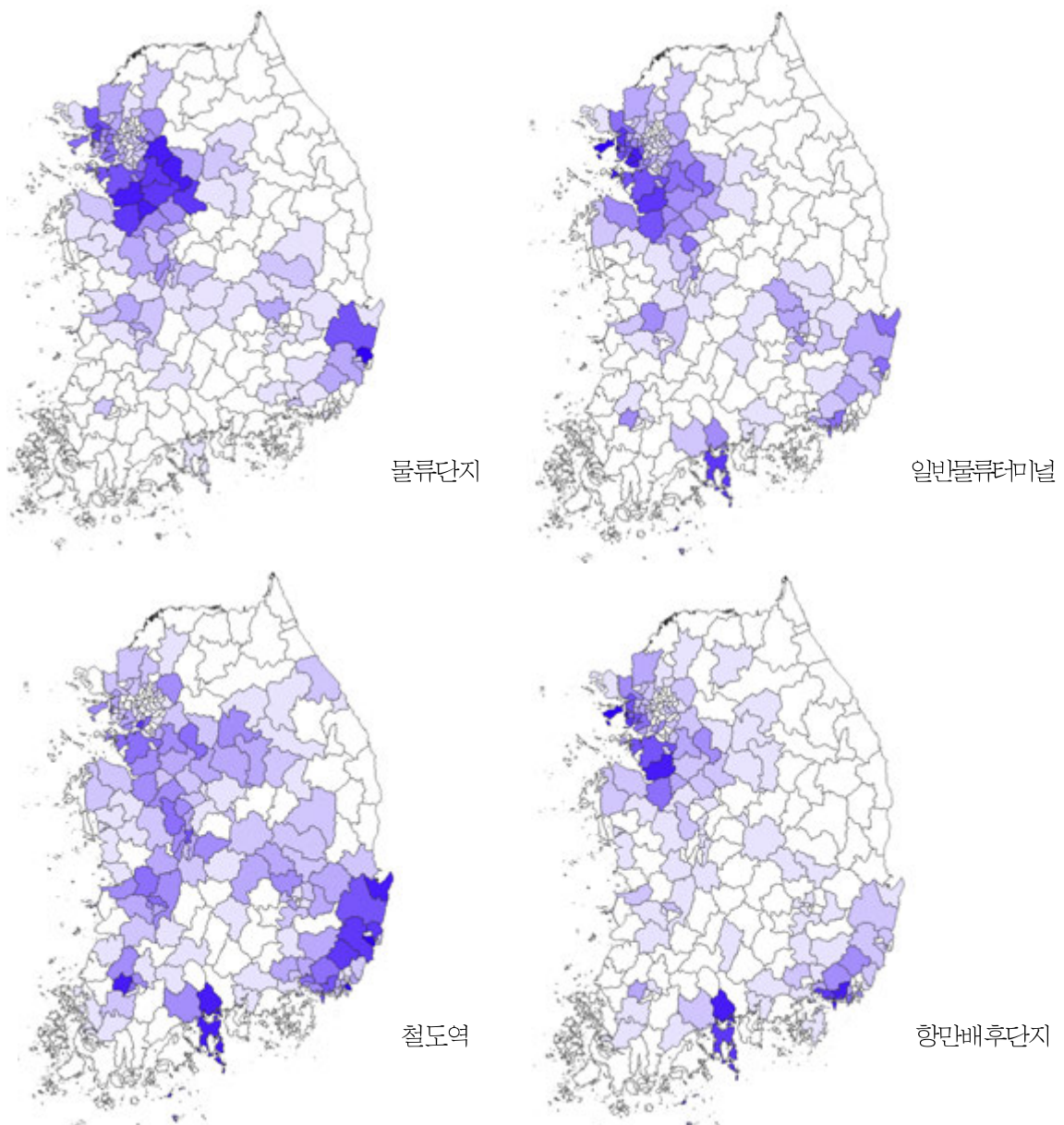
- 각 물류거점 유형에 따라 8가지(산업단지, 창고업 제외)로 구분하여, 시군구에서 도  
 착분포는 아래 그림과 같음





<그림 3-61> 물류거점 유형별 시군구 도착량 분포





<그림 3-62> 물류거점 유형별 시군구 도착량 분포(계속)

## 2. 영업용 화물자동차 운행기록 자료를 활용한 고속도로 휴게소 이용패턴 분석

### 가. 휴게소 자료 및 현황분석

#### 1) 휴게소 자료 수집

- 2017년 10월 16일(월요일)부터 23일(월요일)까지의 화물차 운전자 휴게소 이용 자료 25,452개를 바탕으로 분석을 진행함
- 고속도로 휴게소 이용데이터를 통해 공간적 시간적인 분석을 수행하였음
- 휴게소 진·출입 자료를 바탕으로 시간대별 체류시간 비율 및 이용 비율 분석함

#### 2) 고속도로 휴게소 분포현황

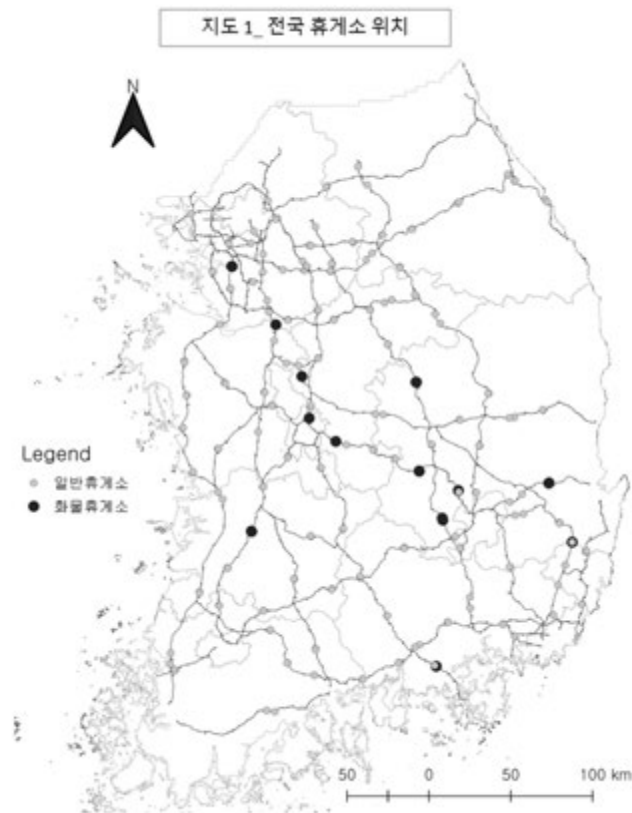
- 화물자동차 전용 휴게소는 장거리 및 야간 운전이 많은 화물차 운전자들의 주요 교통 사고 원인인 졸음운전과 전방주시 태만 등을 예방하기 위하여 설치한 편의시설임
- 수면시설, 샤워시설, 세탁시설 등이 24시간 무료로 개방되어 피로감을 느끼는 운전자 누구나 사용 가능함
- 고속도로 휴게소 전체 208개 중 화물차 전용 휴게소가 있는 경우는 19개, 9.1%에 해당되며, 특히 경상권에 화물차 전용 휴게소 19개 중 11개가 집중되어 있음

<표 3-22> 고속도로 휴게소 분포현황

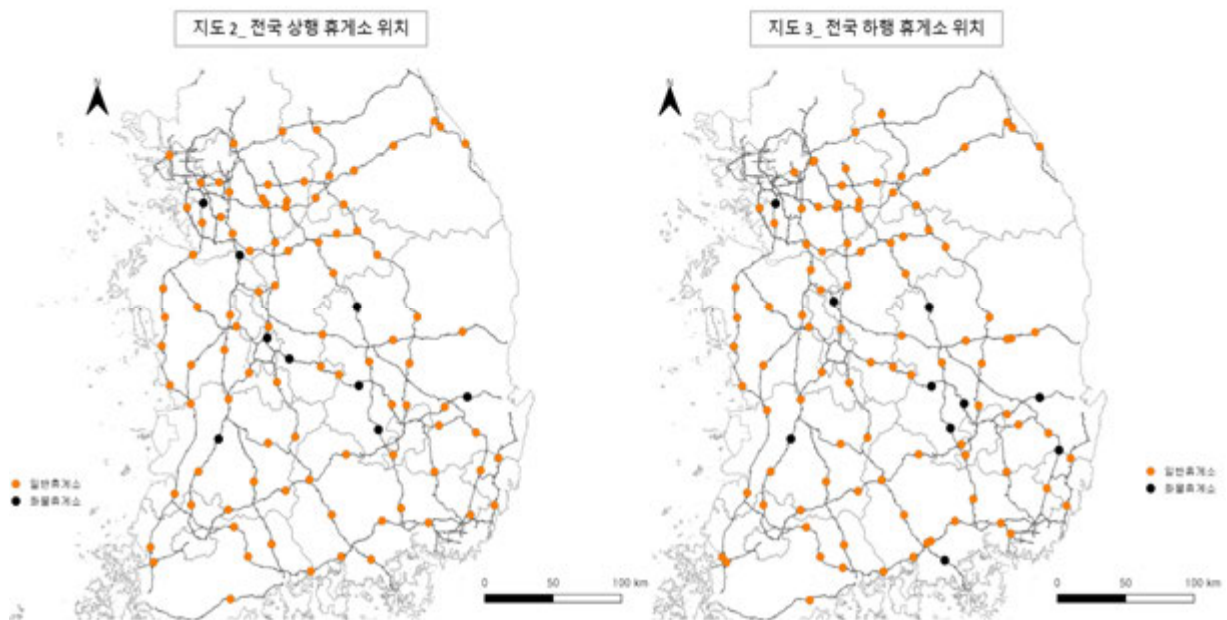
	화물차 전용 휴게소		일반 휴게소	
	휴게소 (개)	비율 (%)	휴게소 (개)	비율 (%)
전국	19	9.1	189	90.9
상행	9	8.9	92	91.1
하행	10	9.3	97	90.7

<표 3-23> 고속도로 휴게소 데이터 수집현황

	화물차 전용 휴게소		일반 휴게소	
	휴게소 (개)	비율 (%)	휴게소 (개)	비율 (%)
전국	3,537	13.9	21,915	86.1
상행	1,733	14.5	10,238	85.5
하행	1,804	13.4	11,677	86.6



<그림 3-63> 고속도로 휴게소 위치



<그림 3-64> 고속도로 상하행 휴게소 위치

## 3) 고속도로 노선별 데이터 분포현황

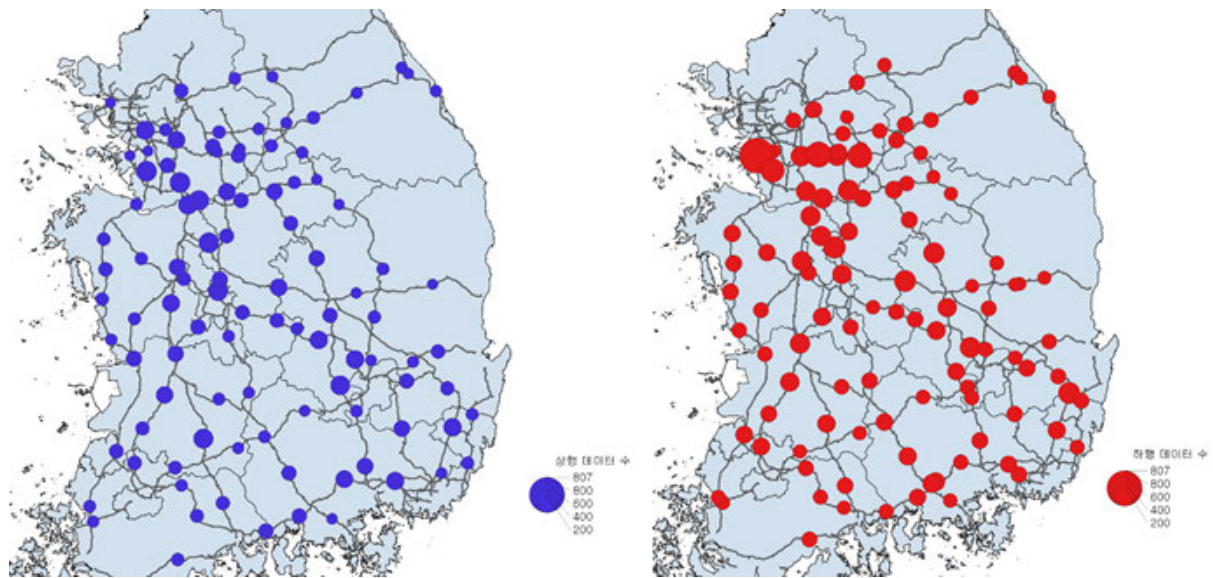
- 경부선이 5,865개로 가장 많은 표본 수를 나타내고 있음
- 국내 주요 고속도로인 경부선이 5,865개의 자료가 수집되었으며 그 다음으로 서해안·중부내륙·중부·영동·남해고속도로에서 표본 수가 높게 나타남

&lt;표 3-24&gt; 고속도로 노선별 영업용화물자동차 운행기록자료분포

	표본수(개)	비율 (%)
경부선	5,865	23.0
서해안선	2,434	9.6
중부내륙선	2,323	9.1
통영대전·중부선	2,048	8.0
호남선	1,955	7.7
영동선	1,831	7.2
남해선	1,656	6.5
평택제천선	979	3.8
중앙선	972	3.8
당진영덕선	964	3.8
평택시흥선	809	3.2
순천완주선	682	2.7
논산천안선	653	2.6
무안광주·광주대구선	406	1.6
익산포항선	387	1.5
광주원주선	278	1.1
서울외곽순환선	262	1.0
동해선	244	1.0
수도권제2순환	153	0.6
서울양양선	150	0.6
울산포항선	147	0.6
서천공주선	141	0.6
남해제2지선	108	0.4
인천국제공항선	5	0.0



<그림 3-65> 고속도로 휴게소별 데이터 분포



<그림 3-66> 고속도로 상하행 휴게소별 데이터 분포

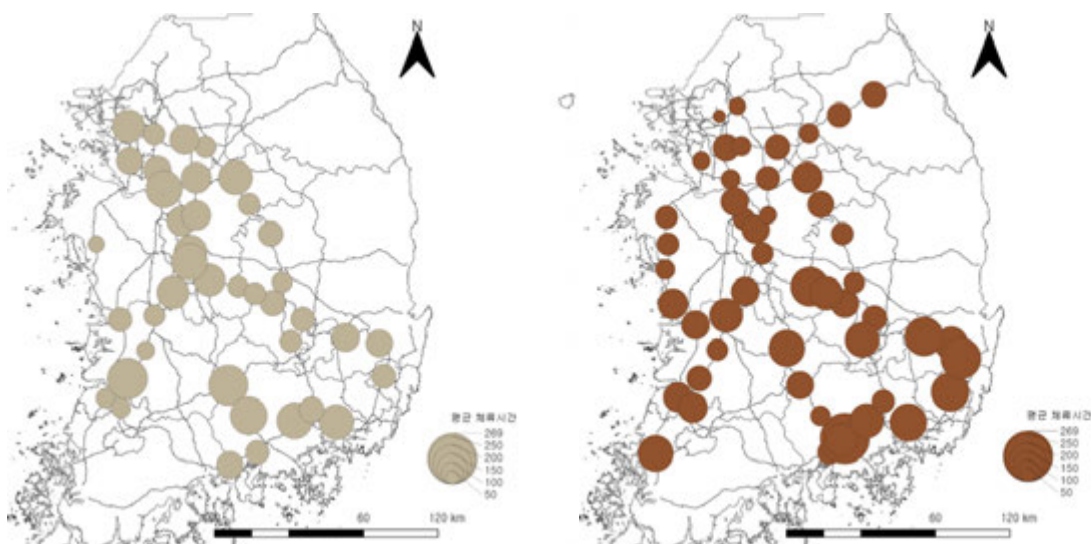


## 4) 고속도로 이용시간 분석

- 화물차의 경우 고속도로 심야 시간대 이용 비율에 따른 요금할인이 있음
  - 이용 비율에 따라 30~50%의 요금할인을 받을 수 있는 제도로 화물차 운전자의 심야 운행 활성화를 목적으로 하며, 심야 할인 제도 활용을 위해 심야시간에 휴게소에서 휴식 및 수면을 취하는 화물운전자도 존재함
- 화물차 운전자들은 약 78분 정도 쉬는 것으로 나타남
- 심야시간(134분)은 비심야시간(56분) 보다 2배 이상 오래 쉬
- 휴게소에 따라 체류시간의 차이를 보임
  - 화물휴게소의 체류시간(86분)이 일반휴게소의 체류시간(77분) 보다 더 높음
  - 일반휴게소의 경우 30분 이하로 쉬는 비율(50.4%)이 절반 이상을 차지함

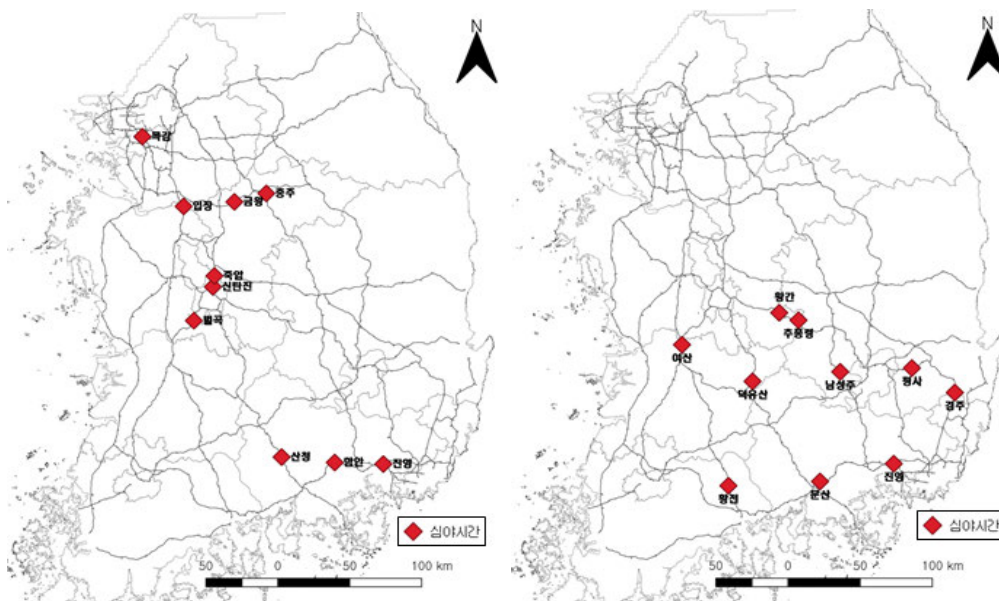
&lt;표 3-25&gt; 고속도로 휴게소별 평균 이용시간 (단위:분)

		화물차 전용휴게소	일반휴게소	전체
전국		86	77	78
노선별	상행	82	76	77
	하행	90	77	79
시간대별	심야	143	133	134
	비심야	63	55	56

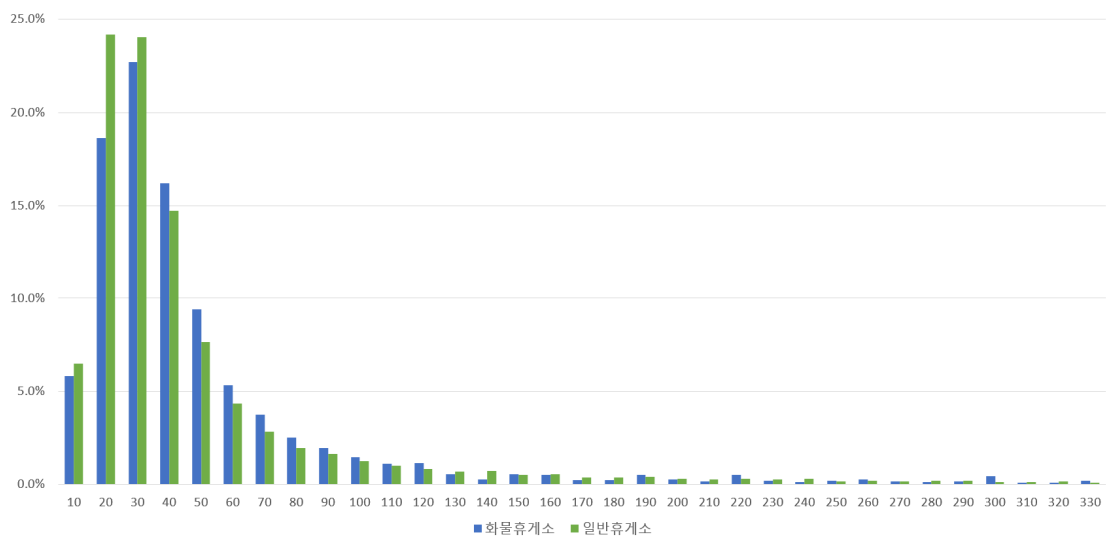


&lt;그림 3-67&gt; 주요노선 심야시간 상하행 휴게소 평균 이용시간

- 심야시간 상·하행별 평균 체류시간에는 뚜렷한 차이가 나타남
  - 상행 휴게소의 경우 충청권에 몰려있는 반면, 하행 휴게소에서는 경상권에 몰려있음
- 주요 노선(경부선, 서해안선, 중부내륙선, 중부선, 호남선, 영동선)의 휴게소만을 살펴봐도 비슷한 경향성이 나타남
  - 심야 상행에서는 수도권 지역에서 더 오래 쉬는 경향이 있음
  - 반대로 심야 하행에서는 경상도 지역에서 더 오래 쉬는 경향이 있음



<그림 3-68> 심야시간대 상하행 휴게소 평균 이용시간(상위 10개)



<그림 3-69> 일반휴게소 및 화물전용휴게소 평균 이용시간 비율분포

## **제4장 빅데이터 활용 화물 기종점통행량 구축 체계 전환 방안 수립**

---

**제1절 화물통행실태조사와 빅데이터의 역할  
및 상호대체보완 방안 검토**

**제2절 빅데이터 기반 화물 기종점통행량 구축  
방법론**





## 제4장 빅데이터 활용 화물 기종점통행량 구축 체계 전환 방안 수립

### 제1절 화물통행실태조사와 빅데이터의 역할 및 상호대체보완 방안 검토

#### 1. 기존문헌 고찰

가. Comparing GPS and non-GPS survey methods for collecting urban goods and service movements, , S., Kwan, H., & Roorda, M. J. (2013).

- 캐나다의 600개 화주를 대상으로 e-mail조사와 GPS 조사를 병행한 결과를 비교 분석함
- 7일간 43명의 조사결과를 바탕으로 GPS 조사의 위치정보를 통해 설문조사 결과를 보완할 수 있음을 규명함

Survey Name/location	Survey year(s)	Responses	Method: Survey type	Response rate
Calgary – Commodity Flow Survey	2000	3,000	Mail-out mail-back: commodity flow/tour based trip diary	not given
Edmonton Commodity Flow Survey	2001	4,300	Mail-out mail-back: commodity flow/tour based trip diary	not given
Hamburg mail-out mail-back	2001	537	Mail-out mail-back: Establishment survey and trip diary	36%
Hamburg face-to-face interview	2001	220	Face-to-face: Establishment survey and trip diary	40%
Dresden	2001	856	Face-to-face: Establishment survey and trip diary	42%
France Echo Survey	2004	2,935	Face-to-face: Establishment survey and shipment questionnaire Telephone: operator questionnaire	37%
France UGM Surveys (Bordeaux, Dijon, Marseilles)	1996-1997	4,500	Phone calls and postal questionnaire	17% (Bordeaux)
USA Commodity Flow Survey	1993, 1997, 2002, 2007	50,000	Mail-out mail-back with commodity flow	Census response required by law
Baltimore	2001	14	Telephone with mail-out/mail-back: Investigation of freight issues for specific industries	50%
Oregon DOT	2001	1,872	Telephone survey: Infrastructure-related problems	61%

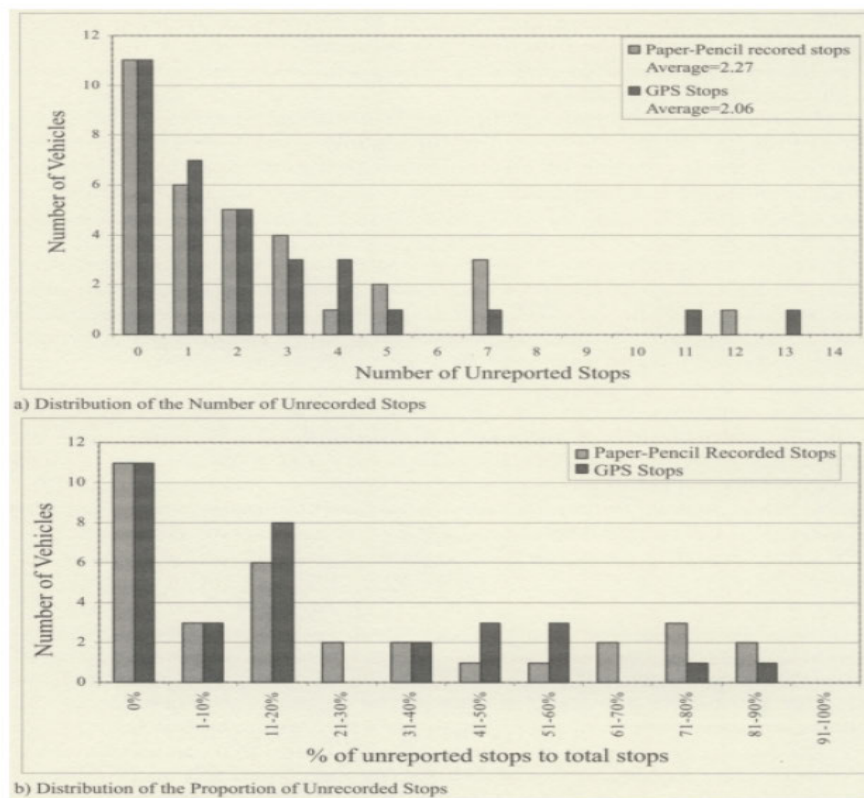
<그림 4-1> 최근 사업체 물류현황 조사 응답율

TABLE 2. Summary of Stops Recorded by Paper-Pencil Survey and GPS Device.

	GPS Device <sup>1</sup>			Paper-Pencil Survey			Combined Information		
	Total	Avg. stops per driver/ vehicle	%	Total Stops	Avg. stops per driver/ vehicle	%	Total Stops	Avg. stops per driver/ vehicle	%
<b>Survey day<sup>2</sup></b>									
Total number of stops on survey day	333	9.00	100%	435	11.76	100%	602	16.27	100%
Total number of matched stops on survey day	166	4.49	50%	166	4.49	38%	166	4.49	28%
Total number of unmatched stops on survey day	167	4.51	50%	269	7.27	62%	436	11.78	72%
Total number of stops > 5 min	333	9.00	100%	334	9.03	100%	501	13.54	100%
Total number of matched stops > 5 min	166	4.49	50%	166	4.49	50%	166	4.49	33%
Total number of unmatched stops > 5 min	167	4.51	50%	168	4.54	50%	335	9.05	67%
<b>Common time frame<sup>3</sup></b>									
Total number of stops in common time frame	234	7.09	100%	241	7.30	100%	309	9.36	100%
Total number of matched stops in common time frame	166	5.03	71%	166	5.03	69%	166	5.03	54%
Number of unmatched stops in common time frame	68	2.06	29%	75	2.27	31%	143	4.33	46%
Total number of stops > 5 min	234	7.09	100%	195	5.91	100%	263	7.97	100%
Total number of matched stops > 5 min	166	5.03	71%	166	5.03	85%	166	5.03	63%
Total number of unmatched stops > 5 min	68	2.06	29%	29	0.88	15%	97	2.94	37%

1. In the GPS survey, only stops > 5 minutes are recorded.
2. The survey day analysis includes data from 37 drivers that completed both the paper-pencil survey and installed a GPS device, and have at least one identifiable address.
3. The common time-frame analysis excluded 5 of the 37 drivers for which no common time frame was found between the GPS and paper pencil survey stops.

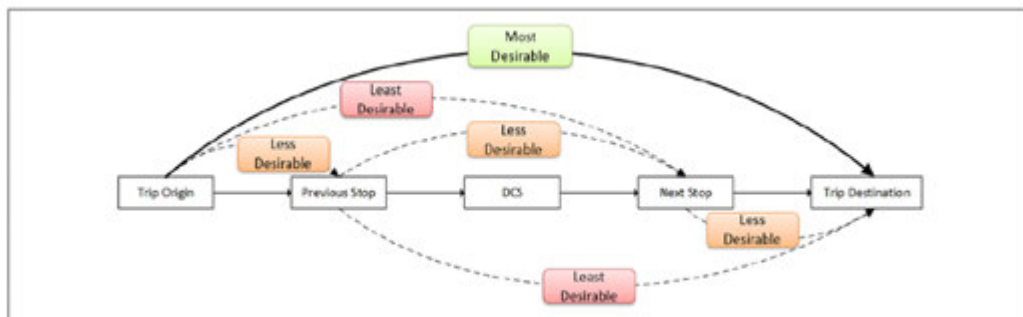
&lt;그림 4-2&gt; GPS 조사 결과와 설문조사 결과 정차 빈도 비교 1



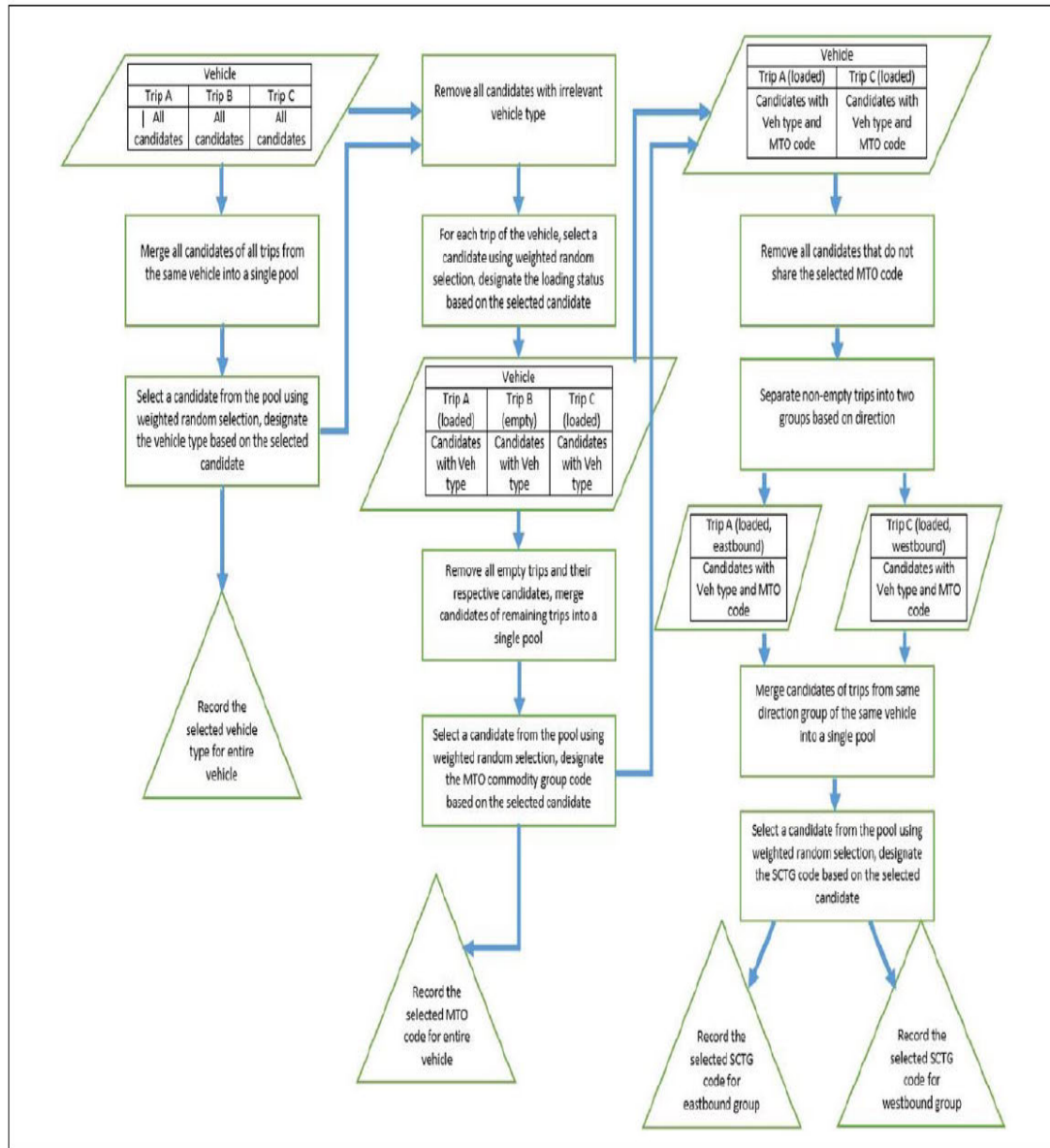
&lt;그림 4-3&gt; GPS 조사 결과와 설문조사 결과 정차 빈도 비교 2

나. Data Fusion of Commercial Vehicle GPS and Roadside Intercept Survey Data. , Zhu, S., Amirjamshidi, G., & Roorda, M. J. (2018).

- 방대한 양의 빅데이터 GPS 자료에는 속성정보가 필요로 하며, 이에 설문조사 자료의 속성을 반영할 필요가 있으므로, 데이터 결합 방법을 통해 GPS자료와 설문조사 자료의 통행을 결합하는 연구를 수행함
- GPS 자료를 정제하는 과정도 언급하였는데, 5분의 정차시간, 고속도로 중앙분리대 기준 40M 정차, 사업체 내에서의 정차등을 고려하여 통행을 분리함
- Hot-deck2 대치법과 k-Nearest Neighbors 대치법을 적용함
- 적용결과 세밀한 수준의 공간적 분포에는 한계가 있으며, 변수의 수에 따라 대체의 수준이 달라지며, 차종과 품목에 있어서는 어느 정도 대체가 가능한 수준으로 분석되었음



<그림 4-4> GPS 자료와 설문조사 자료 통행별 대체 가능성



<그림 4-5> GPS 자료와 설문조사 자료 변수별 대체 흐름도

## 제2절 빅데이터 기반 화물 기종점통행량 구축 방법론<sup>8)</sup>

### 1. 빅데이터 기반 화물 기종점통행량 구축 방법론 필요성

- 화물 기종점통행량 구축 사업도 조사가 필요한 부분과 빅데이터를 활용하여 정확도 향상이 기대되는 부분을 검토함으로써 향후 화물 기종점통행량 구축체계에 대한 방향 전환에 대한 방안이 필요로 함
- 미국, 중국, 캐나다 등의 국가를 중심으로 일부 활용 가능한 화물교통수요 빅데이터를 중심으로 약 10년 전부터 다수의 연구가 진행되었으며, 이에 향후 빅데이터 기반 화물 기종점통행량 구축 체계에 대해 논함
- 빅데이터 기반 화물 기종점통행량 구축 방법론 개발을 위해서는 표본의 대표성 및 모집단 파악의 어려움 등으로 인해 빅데이터를 기반으로 통행실태조사 자료를 보완자료로 활용하는 방법이 적절한 것으로 판단됨
  - 화물 차량 및 물동량 기종점통행량 구축을 위하여 어떠한 빅데이터를 활용할 것인지를 결정하는 것이 가장 중요함
  - 화물자동차 기종점통행량 구축에서는 세분성의 한계가 없으며 모집단을 대표할 수 있어야 하며, 지역간 화물차량의 이동은 하이패스 자료, 영업용 화물차는 화물자동차 주행거리기록계 (DTG) 자료가 가장 활용성이 높음
  - 화물물동량 기종점통행량 구축에서는 수출입 물동량은 수출입항만자료인 PORT-MIS를 활용할 수 있음
- 하이패스 자료, 화물자동차 운행기록자료, 수출입항만자료 PORTMIS 자료를 핵심으로 하는 빅데이터 기반 화물 기종점통행량 구축 방법론을 화물자동차 기종점통행량 구축 방법론과 화물물동량 기종점통행량 구축 방법론으로 구분하여 살펴봄

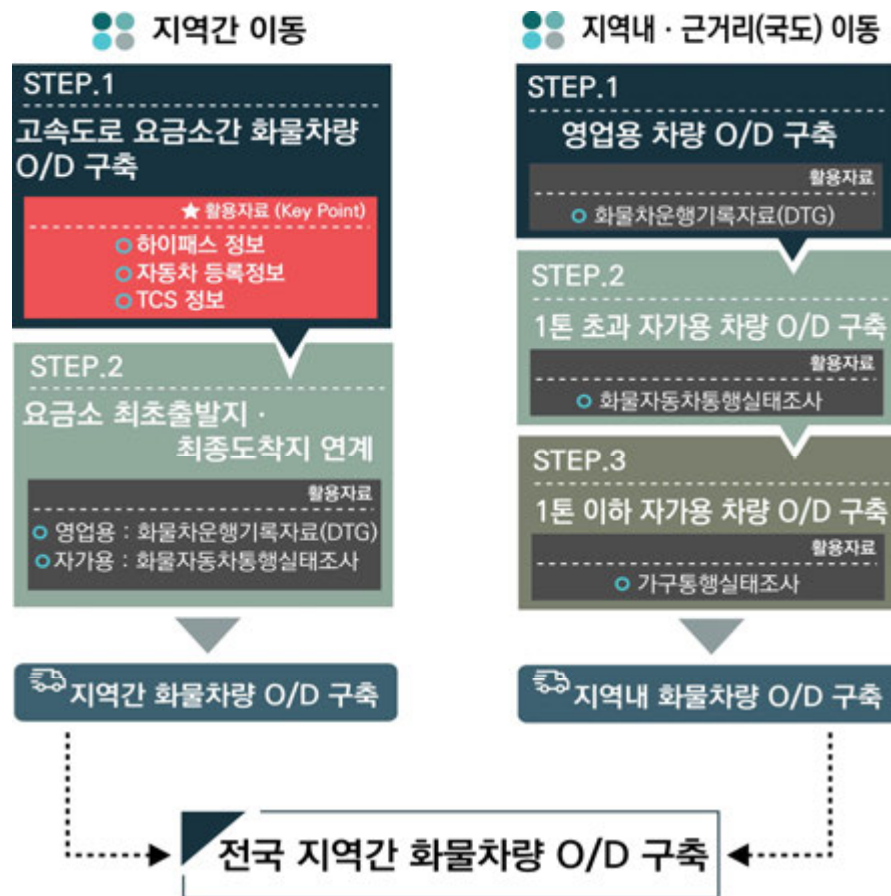
### 2. 빅데이터 기반 화물자동차 O/D 구축 방법

- 빅데이터 기반 화물자동차 기종점통행량 구축 방법론은 <그림 4-6>에 제시된 바와 같으며, 구축 방법은 크게 지역간 이동 화물자동차 기종점통행량 구축 방법론과 지역내 화물자

<sup>8)</sup> 한국교통연구원 (2019), 빅데이터 기반 교통수요 예측의 신뢰도 제고 연구(2차년도), p. 232-239. 참조 재구성

동차 기종점통행량 구축 방법론으로 구분됨

- 지역간 이동 화물자동차 기종점통행량 구축방법론의 첫 번째 과정은 고속도로 요금소간 화물차량 O/D 구축임
  - 한국도로공사의 하이패스 자료와 교통안전공단 자동차 등록정보 활용을 통해 고속도로 화물자동차 기종점통행량 구축이 가능
  - 이 과정에서 산출물은 업종별, 적재능력별로 산출이 이루어져야 하며, 하이패스를 이용하지 않는 수요는 고속도로 요금징수시스템 자료를 통해 보완을 수행함
  - 두 번째 과정은 첫 번째 과정에서 산출된 업종별 적재능력별 고속도로 요금소간 화물자동차 OD를 요금소 진입 전 최초 출발지와 요금소 진출 후 최종 도착지로 연계하는 것임
  - 두 번째 단계에서 영업용 고속도로 요금소간 화물자동차 OD를 추정하기 위해 영업용 화물자동차 운행기록자료를 이용하고, 자가용 고속도로 요금소간 화물자동차 OD를 추정하기 위해 화물자동차통행실태조사의 자가용 화물자동차 조사 자료를 이용함
  - 지역간 화물자동차 OD는 2단계 과정을 거쳐 업종별 적재능력별 화물자동차 기종점통행량이 산출됨
- 지역내 이동 화물자동차 기종점통행량 구축방법론은 3단계의 과정을 통해 구축
  - 첫 번째 과정은 영업용 차량 OD 구축 과정이며, 영업용 화물자동차의 운행기록자료가 활용되며, 지역간 고속도로 이동 자료를 추출하는 과정을 통해 지역내 이동 자료를 구축함
  - 두 번째 과정과 세 번째 과정은 자가용 화물 차량 OD 구축 과정임
  - 1톤 초과 자가용 화물 차량 OD 구축은 화물자동차통행실태조사 자료를 활용하며, 1톤 이하 자가용 화물 차량 OD 구축은 가구통행실태조사 자료를 활용
- 업종별 적재능력별 지역간 화물 차량 OD와 지역내 화물 차량 OD를 결합하여 최종 화물자동차 기종점통행량이 구축됨



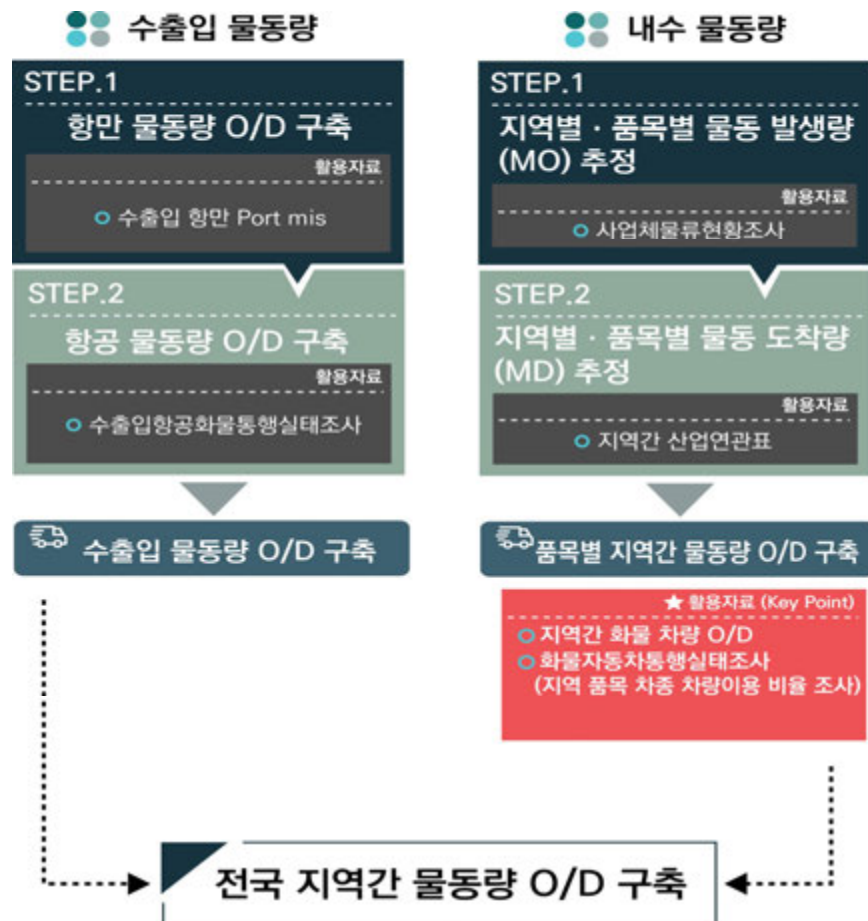
<그림 46> 빅데이터 기반 전국 지역 간 화물자동차 기종점통행량 구축 방법론

### 3. 빅데이터 기반 화물 물동량 O/D 구축 방법

- 빅데이터 기반 화물물동량 기종점통행량 구축 방법론은 <그림 4-7>에 제시된 바와 같음
- 구축 방법은 크게 수출입 물동량 기종점통행량 구축 방법론과 내수 물동량 기종점통행량 구축 방법론으로 구분됨
- 수출입 물동량 기종점통행량 구축 방법론의 1단계는 수출입 항만 물동량 O/D 구축이며, 해양수산부의 Port-mis 자료를 통해 항만에서 내륙으로 향하는 지역별, 품목별 적컨테이너·공컨테이너 및 일반화물로 구분하여 기종점통행량 구축이 가능함
  - 이 과정에서 수출입항만통행실태조사 자료와 영업용 화물자동차 운행기록계 자료를 통해 보정하는 과정이 필요로 함
- 2단계는 수출입 항공 물동량 O/D 구축이며, 수출입 무역통계의 항공 부문 자료와 수출입 항공 화물자동차 통행실태조사자료가 활용되며, 지역별, 품목별 기종점통행량이 산출됨



- 내수 화물물동량 기종점통행량 구축방법론은 2단계의 과정을 통해 구축됨
  - 첫 번째 과정은 지역별 품목별 물동량 발생량 구축 과정이며, 사업체 물류현황조사자료가 활용됨
  - 두 번째 과정은 한국은행 지역간 산업연관표를 활용한 물동량 도착량 산출 과정이 수행됨
  - 마지막 과정은 첫 번째 단계와 두 번째 단계에서 산출된 발생량과 도착량을 분포시키는 과정이며, 첫 번째 단계와 두 번째 단계와 기존 방법론과 동일하지만 분포 과정에서는 빅데이터 기반으로 구축된 화물차량 O/D와 화물자동차통행실태조사를 결합하여 통행분포 활용한다는 점에서 기존 방법론과 차별성이 있음



<그림 47> 빅데이터 기반 전국 지역 간 화물물동량 기종점통행량 구축 방법론

## 제5장 결론

---

### 제1절 결론

### 제2절 향후 연구과제



## 제5장 결론

### 제1절 결론

- 화물자동차 기반 빅데이터 활용 광역권 내 화물수요 존세분화 방법론 연구를 광주광역시를 대상으로 연구를 수행함
  - 화물자동차의 용도별 기준을 구분하여 존세분화 방법론을 연구하였고, 광역권 동단위의 세부 기종점통행량 구축에 대한 방법론 및 지표를 제시함
  - 비영업용 화물자동차의 경우 기존의 가구통행실태조사 자료 및 화물자동차통행실태조사 자료, 영업용 화물자동차의 경우 화물자동차통행실태조사 자료 및 영업용주행기록계(DTG)자료를 활용하여 존세분화 방법론 및 지표를 제시함
  - 영업용화물자동차 운행기록자료의 특성상 화물자동차의 적재능력 정보가 포함되어 있지 않기 때문에 톤급별 O/D 구축이 어렵지만, 영업용 차량의 주행기록계 장착이 1톤초과인 점을 착안하여 영업용화물자동차 운행기록자료의 차량 톤급이 중대형 차량임을 전제로 하였으며 영업용 소형 화물자동차는 2017년 화물자동차통행실태조사 자료를 활용하여 구축하였음
- 영업용 화물자동차운행기록 자료를 이용한 영업용 화물자동차 기종점통행량 구축 방안 연구를 수행하였음
  - 화물자동차 운행기록계 자료를 활용한 기종점통행량 구축 방안 국내외 연구들에 대한 고찰을 수행함
  - 영업용 화물자동차 운행기록계 전처리 과정, 자료 분석 및 통행정의 기준 설정, 기종점통행량 구축 방법론을 정립함
  - 전체적인 DTG 자료의 특성을 파악하기 위해 원시자료의 주요 항목에 대한 통계적 분석을 진행함
  - 통행기준을 위한 정차시간 및 이동거리 분포 확인하여 통행 추출 알고리즘 개발하였고, 슬라이딩 윈도우 기법을 활용한 통행정의를 설정하였음
  - 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 기종점통행량 분석, 운행특성 분석, 운행특성 시각화 분석 및 기타 분석을 수행함
  - 총 통행수 및 지역별 발생량 및 도착량 분석, 영업용 화물자동차의 지역별 기종점통

행량 구축, 1일 및 1주일 통행 분석, 트립체인 분석, 물류거점별 발생량 및 도착량 분석, 고속도로 휴게소 이용패턴 분석 등 다양한 분석을 수행함

- 빅데이터 활용 화물 기종점통행량 구축 체계 전환 방안을 수립하기 위해 화물통행실태조사와 빅데이터의 역할 및 상호대체·보완 방안 관련 문헌을 고찰함
- 하이패스 자료, 화물자동차 운행기록자료, 수출입항만자료 PORTMIS 자료를 핵심으로 하는 빅데이터 기반 화물 기종점통행량 구축 방법론을 화물자동차 기종점통행량 구축 방법론과 화물물동량 기종점통행량 구축 방법론으로 구분하여 중장기 로드맵을 수립함

## 제2절 향후 연구과제

- 빅데이터를 활용한 국내외 연구가 지속적으로 이루어지고 있으므로 매년 관련 연구들에 대한 고찰도 지속적으로 이루어져야 할 것임
- 운행기록자료 이외에 모바일 자료, 운송망 정보 자료 등 다양한 수집원 검토를 통한 기종점통행량 구축 방법론 검토가 요구되어짐
- 운행기록자료의 광역권 화물자동차 표본이 증가하면 통행지표 산출이외에 가중치 적용 과정을 통한 전수화 과정을 통해 존세분화 과정의 방법론 개선이 필요로 함
- 소규모 설문조사와 빅데이터를 결합하는 연구도 병행되어야 할 것이며, 수단간 연계과정에 대한 별도의 연구도 필요로 함
  - 운행기록자료와 토지이용자료를 결합하여 화물자동차의 유통경로 과정 분석도 필요로 함
- 영업용 화물자동차 뿐만아니라 자가용 화물자동차 기종점통행량 구축방법론에 대한 검토가 필요로 함
- 수출입항만화물통행실태조사, 수출입항공화물통행실태조사, 철도화물통행실태조사, 연안 화물통행실태조사, 고속도로 진출입 화물자동차 통행특성 분석에도 빅데이터를 활용하는 방법론 연구가 필요로 함
- 빅데이터를 활용하여 물동량 기종점통행량 구축을 위해서는 품목별 통행분포 특성을 반영하는 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것임
- 현재 활용가능한 공공부문의 빅데이터는 화물차 기종점통행량 구축을 위한 화물차량 운행 관리 정보와 화물차량 이동계적 정보가 주를 이루고 있으나, 현재 개인정보 보호로 인해 현재 적재능력별로 차종 구분이 불가능함

- 화물자동차 등록시스템 자료와 연계하여 차종구분의 세분성을 높이는 방안을 강구하여야 할 것임
- 영업용 화물자동차 주행기록계 자료 표본이 지속적으로 증가하므로 대용량 자료 처리를 위한 방법론 개발이 지속적으로 이루어져야 할 것임
- 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 이동 궤적 맵 매칭과정과 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 분석 시스템을 구축하여 통행DB와 운행성능 DB를 구축한 과정도 지속적으로 이루어져야 할 것임



## 참고문헌

### 1. 국내문헌

- 국가교통DB센터 (2017), 국가주요교통통계.
- 국토교통부 (2014), 「교통조사지침」.
- 한국개발연구원 (2008), 「도로철도부문 사업의 예타 표준지침 수정보완 연구(5판)」.
- 한국교통연구원 (2013), 2012년 국가교통조사 및 DB구축사업, 「전국 화물O/D 전수화 및 장래예측」.
- 한국교통연구원 (2016), 2015년 국가교통조사 및 DB구축사업, 「화물통행수요추정 신뢰도 개선방안 연구」.
- 한국교통연구원 (2017), 「국가교통빅데이터사업단 내부자료」.
- 한국교통연구원 (2017), 「전국 교통수요 분석 기초자료 설명자료」.
- 한국교통연구원 (2017), 「전국 화물통행실태조사 교통원시자료 내부자료」.
- 한국교통연구원 (2018), 「빅데이터 기반의 교통수요 예측의 신뢰도 제고 연구」.
- 한국교통연구원 (2018), 2017년 국가교통조사 및 DB구축사업, 「전국 화물통행실태조사」.
- 한국교통연구원 (2019), 「빅데이터 기반 교통수요 예측의 신뢰도 제고 연구(2차년도)」.

### 2. 국외문헌

- Bernardin Jr, V. L., Trevino, S., and Short, J. (2015), Expanding Truck GPS-Based Passive Origin - Destination Data in Iowa and Tennessee. Presented at 5th Conference on Innovations in Travel Modeling, Baltimore, Md.
- Camargo, P., Hong, S., and Livshits, V. (2017), Expanding the Uses of Truck GPS Data in Freight Modeling and Planning Activities. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2646).
- de Jong, Gerard, et al. "The issues in modelling freight transport at the national



- level." Case Studies on Transport Policy 4.1 (2016): 13-21.
- Hard, E., Chigoy, B., Songchitruksa, P., Farnsworth, S., Borchardt, D., & Green, L. (2016). Synopsis of New Methods and Technologies to Collect Origin-Destination (OD) Data (No. FHWA-HEP-16-083).
  - Ludlow, D. (2017), Understanding Big Data in Freight Transportation Task Force Mission, Goals, Findings, Transportation Research Board Annual Meeting.
  - Martínez-Alvaro, O., and Nuñez-González, A. (2016), Information Related to Postal Flows and Big Data Analysis Potential. The Case of Spain. Transportation research procedia, 18.
  - Schuman, R., and Glancy, R. (2015), How Freight Probe Data is Revolutionizing the Industry.
  - Witlox, F. (2015). "Beyond the data smog." Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal. Vol. 35, No. 3, pp. 245-249.
  - Zanjani, A. B., Pinjari, A. R., Kamali, M., Thakur, A., Short, J., Mysore, V., and Tabatabaee, S. F. (2015), Estimation of statewide origin - destination truck flows from large streams of GPS data: Application for Florida statewide model. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2(2494).
  - Zhao, P., Liu, X., Shi, W., Jia, T., Li, W., and Chen, M. (2018), An empirical study on the intra-urban goods movement patterns using logistics big data, International Journal of Geographical Information Science.
  - Aggarwal, Charu C., ed. Data streams: models and algorithms. Vol. 31. Springer Science & Business Media, 2007: 129-131
  - E. Jacobsen and R. Lyons, The sliding DFT, Signal Processing Magazine vol. 20, issue 2, pp. 74-80 (March 2003)
  - Mozaffari, Ladan, et al. "Vehicle Speed Prediction via a Sliding-Window Time Series Analysis and an Evolutionary Least Learning Machine: A Case Study on San Francisco Urban Roads." Engineering Science and Technology, an International Journal, vol. 18, no. 2, June 2015, pp. 150 - 62
  - Liao, C. F. (2009). Using archived truck GPS data for freight performance analysis

on i-94/i-90 from the twin cities to Chicago.

- Ma, X., McCormack, E. D., & Wang, Y. (2011). Processing commercial global positioning system data to develop a web-based truck performance measures program. *Transportation Research Record*, 2246(1), 92-100.
- Pinjari, A. R., Zanjani, A. B., Thakur, A., Irmania, A., Kamali, M., Short, J., ... & Park, L. (2014). Using truck fleet data in combination with other data sources for freight modeling and planning (No. BDK84-977-20). Florida. Dept. of Transportation. Research Center.
- Huang, J., Wang, L., Tian, C., Zhang, F., & Xu, C. (2014, October). Mining freight truck's trip patterns from GPS data. In *17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 1988-1994). IEEE.
- Ma, X., Wang, Y., McCormack, E., & Wang, Y. (2016). Understanding freight trip-chaining behavior using a spatial data-mining approach with GPS data. *Transportation Research Record*, 2596(1), 44-54.
- Szele, A. (2018). Estimating a light commercial vehicle OD matrix based on the vehicle tracking data of heavy good vehicles.
- McCabe, S., Kwan, H., & Roorda, M. J. (2013). Comparing GPS and non-GPS survey methods for collecting urban goods and service movements. *International Journal of Transport Economics/Rivista internazionale di economia dei trasporti*, 183-205.
- Zhu, S., Amirjamshidi, G., & Roorda, M. J. (2018). Data Fusion of Commercial Vehicle GPS and Roadside Intercept Survey Data. *Transportation Research Record*, 2672(44), 10-20.