

2013년 「국가교통조사 및 DB구축사업」  
**교통네트워크 소통 성능지표 연구**

13



# 제 출 문

국토교통부장관 귀하

본 보고서를 국가정보화사업 중 「2013년도 국가교통조사 및 DB구축사업」의 최종보고서를 제출합니다.

2013년 12월

한국교통연구원

원장 김 경 철

**본 『2013년도 국가교통조사 및 DB구축사업』은 다음  
연구진에 의해 수행되었습니다.**

**참 여 연 구 진**

<b>&lt;한국교통연구원&gt;</b>	
연구책임자	◦ 김찬성 연구위원
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 황상규 선임연구위원</li> <li>◦ 박인기, 최정민 연구위원</li> <li>◦ 조종석, 박민철, 박용일, 박상준, 이석주, 황순연, 홍다희, 천승훈, 연지윤, 장동익, 한진석 부연구위원</li> <li>◦ 최애심, 신영권, 성흥모, 김동호, 김진우, 김규진, 오연선, 강국수, 정승연, 강재원, 홍성표, 이선아, 김형범, 박미란, 주진호, 김정은, 김은미, 정승연, 손강주, 최서윤, 김성민, 김관용, 정재훈, 김경현, 최병남, 박준호, 박흥주, 정창욱 연구원</li> <li>◦ 신지현, 손희진 연구조원</li> </ul>
<b>&lt;한국해양수산개발원&gt;</b>	
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 김수엽 부연구위원</li> <li>◦ 이호춘, 이건우 전문연구원</li> <li>◦ 반영길, 김혜주 연구원</li> </ul>

# 『2013년도 국가교통조사 및 DB구축사업』

## 보고서 구성 및 담당연구진

번 호	과 제 명	연 구 진
제 1권	요약보고서	박용일, 신영권, 최병남, 김경현, 박준호, 김규진
제 2권	전국 여객 O/D 현행화	박인기, 조종석, 천승훈, 박미란, 김동호, 강국수, 김관용, 이선아, 김성민
제 3권	여객교통수요분석 개선방안 연구	박인기, 조종석, 천승훈, 김동호, 이선아, 박미란, 김성민, 박흥주, 정창욱
제 4권	화물통행수요추정 개선방안 연구	박민철, 강재원, 김형범
제 5권	주요 화주기업의 물류활동 동향분석과 예측	홍다희, 정재훈
제 6권	물류지도 작성연구	한진석, 강재원, 김형범
제 7권	전국 연안화물O/D 조사	김수엽, 이호춘, 이건우, 반영길, 김혜주
제 8권	교통유발원단위 분석연구	황순연, 오연선
제 9권	자동차 이용실태조사	연지윤, 박상준, 김정은, 주진호
제10권	교통비용, TSI산정 및 온실가스 DB 구축	연지윤, 박상준, 주진호, 김정은
제11권	특별교통통행실태조사	성홍모, 홍성표
제12권	국가교통 네트워크 구축	최정민, 정승연, 김은미, 최애심
제13권	교통네트워크 소통 성능지표 연구	이석주, 홍다희, 김진우, 최서윤
별 책	국가교통통계	황순연, 장동익, 손강주

## 『2013년도 국가교통조사 및 DB구축사업』

### 과제별 공동참여·위탁용역 사업자

#### 【공동사업 참여기관】

- 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (부산·울산권 부문)
  - ㈜선일이엔씨, 경성대학교산학협력단
- 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (대전광역시권 부문)
  - ㈜드림이엔지
- 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (광주광역시권 부문)
  - ㈜유신
- 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (수도권 부문)
  - 서울연구원, 경기개발연구원, 인천발전연구원
- 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (대구광역시권 부문)
  - ㈜고려기술단

#### 【위탁용역 사업자】

- 2013년 국가교통DB점검단 운영지원
  - (사)교통투자평가협회
- 교통시설물조사 및 교통주제도 (도로, 철도) 구축 사업
  - ㈜중앙항업, ㈜팀지오
- 교통주제도 (대중교통) 구축
  - ㈜지노시스템, ㈜팀지오
- 2013년 물류지도 작성
  - ㈜케이엘넷
- 특별교통통행실태 조사 및 이용자 만족도 조사
  - ㈜리서치랩
- 2013년도 국가교통DB Brief 발간대행
  - ㈜피그마리온
- 자동차이용실태조사 자가용 부문
  - ㈜나이스알앤씨

## 【위탁용역 사업자】

- 도로통행비용함수 개선방안 연구
  - 명지대학교 산학협력단
- 통합교통수요분석방법 정립 및 모형 구축
  - 홍익대학교 산학협력단, (주)에이디엘이엔씨
- 주요화주기업의 물류활동 및 동향분석
  - (주)메트릭스 코퍼레이션
- 교통네트워크 성능평가 연구
  - 서울시립대학교 산학협력단
- 자가용이용실태조사를 위한 모바일 어플리케이션 개선
  - (주)엘비씨소프트, (주)나이스알앤씨
- 대용량 교통자료 활용시스템 구축
  - (주)큐빅웨어
- Car Navigation 자료를 이용한 교통혼잡지도 연구
  - 서울대학교 산학협력단, (주)큐빅웨어
- 국가교통DB 구축 전후 교통시설 타당성평가의 신뢰도 연구2
  - 서울대학교 산학협력단
- 자동차이용실태조사 전세버스 부문
  - (주)동해엔지니어링
- 네비게이션 수치지도를 이용한 교통분석용 네트워크 구축방안 연구
  - (주)현대엠엔소프트
- 국가교통DB 맵북 디자인/발간
  - (주)팀지오 & (주)피그마리온 컨소시엄
- 국가교통DB센터 홈페이지 운영 및 관리환경 개선 사업
  - (주)유에스타21
- 국가교통DB센터 네트워크 운영환경 개선 사업
  - (주)아이넷시스템즈
- 국가교통DB센터 네트워크 운영환경 개선 사업
  - (주)아이넷시스템즈

<b>【위탁용역 사업자】</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• MRIO모형을 이용한 국내 화물수요추정 방안<ul style="list-style-type: none"><li>- (사)한국지역학회</li></ul></li><li>• 교통유발원단위 활용방안 연구<ul style="list-style-type: none"><li>- 고려대학교 산학협력단</li></ul></li><li>• 교통유발원단위 산출방안 연구<ul style="list-style-type: none"><li>- (사)한국경영정보학회 외 컨소시엄</li></ul></li><li>• 화물교통 및 물류시설 사업의 사후평가 화물DB 개선방안 연구<ul style="list-style-type: none"><li>- 부경대학교 산학협력단</li></ul></li></ul>



## **최종보고서 목차**

- 제 1권 요약보고서**
- 제 2권 전국 여객 O/D 현행화**
- 제 3권 여객교통수요분석 개선방안 연구**
- 제 4권 화물통행수요추정 개선방안 연구**
- 제 5권 주요 화주기업의 물류활동 동향분석과 예측**
- 제 6권 물류지도 작성연구**
- 제 7권 전국 연안화물O/D 조사**
- 제 8권 교통유발원단위 분석연구**
- 제 9권 자동차 이용실태조사**
- 제 10권 교통비용, TSI산정 및 온실가스 DB 구축**
- 제 11권 특별교통통행실태조사**
- 제 12권 국가교통 네트워크 구축**
- 제 13권 교통네트워크 소통 성능지표 연구**



# 목 차

## 요 약

### 제1부 교통망 성능평가(지역내 차량주행거리)

#### 제1장 과업의 개요 ..... 5

- 제1절 과업의 배경 및 목적 / 5
- 제2절 과업의 범위 및 내용 / 9
- 제3절 과업의 성과 및 기대효과 / 11

#### 제2장 기존 연구문헌 고찰 ..... 15

- 제1절 차량주행거리 산정사례 / 15
- 제2절 차량주행거리 산정방법론 / 24
- 제3절 자동차부문 교통망성능평가 지표 / 41
- 제4절 대중교통부문 교통망성능평가 지표 / 52

#### 제3장 차량주행거리 산정을 위한 분석방법론 설정 ..... 63

- 제1절 차량주행거리 산정의 개요 / 63
- 제2절 차량주행거리 산정방법 / 65
- 제3절 검증 및 민감도 분석방법 / 86

#### 제4장 대상도시의 차량주행거리 산정 ..... 93

- 제1절 대상도시의 현황 / 93
- 제2절 대상도시의 차량주행거리 산정 / 108
- 제3절 차량주행거리의 민감도 분석 / 113
- 제4절 민감도 분석 결과를 고려한 차량주행거리 산정 / 126
- 제5절 소결 / 127

#### 제5장 대상도시의 교통망성능평가 ..... 133

- 제1절 교통망성능평가 체계 정립 / 133

제2절	자동차부문 교통망성능평가 지표 선정 및 개발 / 143
제3절	자동차부문 교통망성능평가 / 167
제4절	대중교통부문 교통망성능평가 지표 선정 및 개발 / 210
제5절	대중교통부문 교통망성능평가 / 228

## 제6장 교통망성능평가를 위한 가이드 ..... 263

제1절	자료수집의 한계 및 개선방안 / 263
제2절	차량주행거리 산정을 위한 가이드 / 268
제3절	교통망성능평가를 위한 가이드 / 273

## 제7장 결론 및 정책제언 ..... 279

제1절	연구결과 / 279
제2절	정책제언 / 281

### 제2부 지역간 차량주행거리 산정

## 제8장 지역간 총차량주행거리 추정 ..... 287

제1절	분석의 개요 / 287
제2절	기존 연구 고찰 / 289
제3절	지역간 총차량주행거리(VKT) 추정 / 293
제4절	결론 및 향후 과제 / 324

## 참 고 문 헌 ..... 327

## 표 목 차

<표 2- 1> 국내외 차량주행거리 추정방법론 비교 .....	23
<표 2- 2> AADT 추정 오차발생 원인별 분석내용 .....	25
<표 2- 3> AADT 범위에 따른 Volume Group .....	29
<표 2- 4> 표본그룹별 표본크기 결정결과(예시) .....	30
<표 2- 5> 도시유형별 교통량 조사지점수 산정 결과 .....	31
<표 2- 6> 본 연구의 세부내용 .....	34
<표 2- 7> AADT 추정치 검증결과 .....	35
<표 2- 8> 본 연구의 세부내용 .....	37
<표 2- 9> AADT 추정치 검증결과 .....	37
<표 2-10> 선행연구 검토결과(종합) .....	40
<표 2-11> Florida DOT의 도로교통망에 대한 이동성 평가지표 .....	41
<표 2-12> 일본의 교통망성능평가 지표 .....	42
<표 2-13> Mingzhou Jin et. al(2004)에서 분류한 기존 성능평가지표 .....	43
<표 2-14> Mingzhou Jin et. al(2004)에서 제시한 5개 부문 성능평가지표 .....	45
<표 2-15> Imperial College London(2011)의 주요 분야별 지수(Index) .....	47
<표 2-16> 미국 TTI의 교통망성능평가지표 .....	48
<표 2-17> 서울시 수단별 통행량 산출방법 .....	50
<표 2-18> 국내 교통망성능평가지표 관련 수집자료 및 활용 현황 .....	50
<표 2-19> Florida DOT의 대중교통에 대한 이동성 평가지표 .....	52
<표 2-20> CTA Service Standards에서 제시하는 지표 .....	54
<표 2-21> 대중교통과 관련한 성과지표 .....	55
<표 2-22> 대중교통 서비스 측정 지표 .....	57
<표 2-23> 경기도 대중교통 지표 .....	57
<표 3- 1> 교통주제도 제공 목록 .....	65

<표 3- 2> 도시지역 도로의 개략적 특성 및 도로기능 구분결과 .....	68
<표 3- 3> 도로등급분류 과정 .....	69
<표 3- 4> 도로 유형 분류 .....	70
<표 3- 5> 미국 HPMS의 단위구간(Table of Potential Samples, TOPS) 선정기준 ..	71
<표 3- 6> 단위구간 설정 기준 리스트 .....	72
<표 3- 7> 변수 수준별 상관계수의 산출통계방법 .....	73
<표 3- 8> 표본추출방법의 종류 및 특성 .....	75
<표 3- 9> 층 구분 및 층별 표본배분방법 .....	76
<표 3-10> 공간통계기법 적용을 위한 자료수집 .....	80
<표 3-11> 공간통계기법 기법 종류 및 특성 .....	85
<표 4- 1> 부천시 사회경제지표(2011년 기준) .....	93
<표 4- 2> 부천시 토지이용계획 현황 .....	94
<표 4- 3> 부천시 광역도로 현황 .....	95
<표 4- 4> 부천시 간선도로 현황 .....	95
<표 4- 5> 도로현황자료 구축 .....	97
<표 4- 6> 도로교통량통계연보 교통량자료(부천시) .....	99
<표 4- 7> 도시지역 도로의 개략적 특성 및 도로기능 구분결과 .....	101
<표 4- 8> 부천시 교통축설정 결과 .....	102
<표 4- 9> 단위구간 설정기준(독립변수)과 교통량(종속변수)간 상관관계 분석결과	104
<표 4-10> 단위구간 설정기준(독립변수)간 상관관계 분석결과 .....	104
<표 4-11> 단위구간 설정기준 선정결과 .....	105
<표 4-12> 부천시 주간선도로 및 보조간선도로 단위구간 설정결과 .....	106
<표 4-13> 층 구분 및 층별 표본크기 산정 .....	107
<표 4-14> 부천시 도로기능별 도로현황 및 차량주행거리 비교 .....	108
<표 4-15> 도로등급별 차량주행거리 산정결과 .....	109
<표 4-16> 도로유형별·차종별 구성비중 .....	110
<표 4-17> 차종별 차량주행거리 산정결과 .....	110

<표 4-18> 도로유형별·차종별 차량주행거리 산정결과 .....	111
<표 4-19> 차량주행거리 산정방법별 민감도 분석결과(AADT 그룹 5개층) .....	114
<표 4-20> 차량주행거리 산정방법별 민감도 분석결과(도로기능 3개층) .....	115
<표 4-21> 단위구간 설정 방법별 민감도 분석결과(도로기능 3개층) .....	117
<표 4-22> 층별 크리깅 적용결과(AADT 그룹 5개층, 표본 크기: 20%) .....	119
<표 4-23> 층별 크리깅 적용결과(도로기능 3개층, 표본 크기: 20%) .....	120
<표 4-24> 층별 크리깅 적용결과(AADT 그룹 5개층, 표본 크기: 30%) .....	121
<표 4-25> 층별 크리깅 적용결과(도로기능 3개층, 표본 크기: 30%) .....	122
<표 4-26> 표본배분방법에 따른 층별 표본수 산출결과(AADT 그룹 5개층, 표본크기: 20%) ·	123
<표 4-27> 표본배분방법에 따른 층별 표본수 산출결과(도로기능 3개층, 표본크기: 20%) ·	124
<표 4-28> 표본배분방법에 따른 차량주행거리 산정결과(AADT 그룹 5개층, 표본크기: 20%) ·	124
<표 4-29> 표본배분방법에 따른 차량주행거리 산정결과(도로기능 3개층, 표본크기: 20%) ·	125
<표 4-30> 민감도 분석 결과를 고려한 차량주행거리 산정 .....	126
<표 5- 1> 교통망성능평가 체계 분류 .....	141
<표 5- 2> 도로법에 의한 도로 기능 및 등급의 분류 .....	143
<표 5- 3> 자동차부문 교통망성능평가 지표 Pool .....	150
<표 5- 4> 자동차부문 교통망성능평가 기본요건 .....	152
<표 5- 5> 소속기관별 설문참여자 현황 .....	155
<표 5- 6> 자동차부문 교통망성능평가 지표 기준 요건들의 가중치 분석결과 .....	156
<표 5- 7> 기본 요건별 자동차부문 교통망성능평가 지표 평가결과 .....	156
<표 5- 8> 자동차부문 교통망성능평가의 종합화된 평가결과 .....	159
<표 5- 9> 자동차부문 교통망성능평가 지표의 측정가능성 검토 결과 .....	162
<표 5-10> 전문가 설문조사를 통해 선정된 자동차부문 교통망성능평가 지표 .....	166
<표 5-11> 부천시교통정보센터 ITS검지기 Data .....	168
<표 5-12> 부천시교통정보센터 ITS검지기 Data 수집구간 .....	170
<표 5-13> 부천시 내 교통량조사 지점(118개) .....	175
<표 5-14> KTDB의 교통주제도(Lv.2) 링크속성 Data 구조 .....	177

<표 5-15> 국내 교통혼잡비용 추정시 적용되는 혼잡기준속도 .....	181
<표 5-16> 자유속도에 따른 서비스수준별 평균통행속도 기준 및 혼잡기준속도 ..	183
<표 5-17> 유형별 시간대별 교통량 변화 패턴 .....	186
<표 5-18> 부천시 차종별 평균재차인원 .....	187
<표 5-19> 제한속도별 도로연장 .....	190
<표 5-20> 부천시 교통체계 이용 - 이동성 지표(집계형 지표) .....	192
<표 5-21> 부천시 교통체계 이용 - 신뢰성 지표(집계형 지표) .....	194
<표 5-22> 전국 주요 대도시와 부천시 교통혼잡비용 비교 .....	197
<표 5-23> 도로축별 LOS 산출 결과 .....	199
<표 5-24> 자동차부문 주요 교통망성능평가지표 산출결과 .....	205
<표 5-25> 대중교통부문 교통망성능평가 지표 Pool .....	215
<표 5-26> 대중교통부문 교통망성능평가 지표 기준 요건들의 가중치 분석결과 ....	216
<표 5-27> 기본 요건별 대중교통부문 교통망성능평가 지표 평가결과 .....	217
<표 5-28> 대중교통부문 교통망성능평가의 종합화된 평가결과 .....	219
<표 5-29> 대중교통부문 교통망성능평가 지표의 측정가능성 검토 결과 .....	222
<표 5-30> 전문가 설문조사를 통해 선정된 대중교통부문 교통망성능평가 지표 ....	226
<표 5-31> 대상통행 구분 기준 .....	228
<표 5-32> 환승위치에 따른 통행량 차이 .....	229
<표 5-33> 교통수단에 대한 구분 .....	230
<표 5-34> 부천시 관내 직행좌석버스 현황 .....	231
<표 5-35> 부천시 관내 일반 시내버스 현황 .....	231
<표 5-36> 부천시 관내 일반 시내버스 현황 .....	233
<표 5-37> 부천시 BIS 정보 항목 .....	236
<표 5-38> 교통카드 Data 수록 정보 .....	238
<표 5-39> 교통수단 구분 .....	239
<표 5-40> 승객유형 구분 .....	239
<표 5-41> 본 연구와 타 연구에서 사용된 교통카드 Data 비교 .....	240



<표 5-42> BMS Data와 교통카드 Data간 불일치 .....	242
<표 5-43> 부천시 버스 유형별 업체 수 .....	244
<표 5-44> 버스 업체별·유형별 노선현황 .....	244
<표 5-45> 부천시 업체별 노선당 통과 정류장 수 .....	245
<표 5-46> 부천시 단위면적당 정류장 개수 및 노선연장 .....	246
<표 5-47> 부천시 대중교통 용량공급지수 .....	246
<표 5-48> 부천시 버스 노선별 연장 및 차량운행대수 .....	247
<표 5-49> 부천시 버스 노선별 운행시간 .....	249
<표 5-50> 노선별 실측 일일 운행시간 및 지역 내 일일 운행시간 총합 .....	251
<표 5-51> 노선별 표정속도 .....	253
<표 5-52> 부천시와 서울시 버스 서비스 공급 지표 비표 .....	255
<표 5-53> 버스 유형별 노선연장에 따른 노선 분포현황(개) .....	256
<표 5-54> 부천시 시내버스 노선굴곡도 비교 .....	256
<표 5-55> 버스 유형별 버스운행횟수 분포현황 .....	257
<표 5-56> 버스 유형별 배차간격 분포현황 .....	257
<표 5-57> 버스 노선별 평균통행속도 분포 .....	259
<표 5-58> 노선별 차량주행거리, 차량운행시간 및 평균통행속도 .....	259
<표 6- 1> 속도Data 수집현황 및 문제 .....	264
<표 6- 2> 교통량Data 수집현황 및 문제 .....	264
<표 6- 3> 대상도시 현황에 따른 효율적인 차량주행거리 산정 가이드라인 .....	268
<표 6- 4> 미국 HPMS의 대상도시 규모별, 도로기능별 차량주행거리 목표정확도 ·	271
<표 8- 1> 국토해양부의 도시부와 지방부 분류 기준 .....	290
<표 8- 2> 미국 인구 조사국의 도시 구분의 유형 및 기준 .....	291
<표 8- 3> FHWA의 도시 구분의 유형 및 기준 .....	292
<표 8- 4> 국가교통정보센터 소통정보 자료의 구성 .....	294
<표 8- 5> 기간별 데이터 수집량 .....	295
<표 8- 6> 월별 데이터 수집량 .....	295

<표 8- 7> 도로등급별 데이터 수집량 .....	296
<표 8- 8> 본 연구의 데이터 전처리 기준 .....	298
<표 8- 9> 데이터 품질 관리 기준 적용 결과 .....	300
<표 8-10> 기간별 데이터 수집량 .....	301
<표 8-11> 도로등급별 데이터 수집량 .....	301
<표 8-12> 링크별 총데이터수 분포 .....	302
<표 8-13> 1일당 링크별 데이터 수집량 분포 .....	304
<표 8-14> 기간별 데이터 수집량 .....	305
<표 8-15> 지점별 일별 데이터 커버리지 분포 .....	306
<표 8-16> 15분 시간간격의 도로 등급별 데이터 커버리지 .....	306
<표 8-17> 고속국도 지역별 차로수별 매칭 지점수 .....	309
<표 8-18> 일반국도 지역별 차로수별 매칭 지점수 .....	309
<표 8-19> 자동차주행거리 실태분석 연구의 조사 대상차종 .....	312
<표 8-20> 교통안전공단 정기검사 적용 기준 .....	312
<표 8-21> 고속국도 지역별 요일별 데이터 총량 .....	317
<표 8-22> 고속국도 지역별 유효링크 분포 .....	318
<표 8-23> 일반국도 요일별 데이터 총량 .....	319
<표 8-24> 일반국도 지역별 유효링크 분포 .....	320
<표 8-25> 고속국도 총차량주행거리 추정 결과 .....	322
<표 8-26> 일반국도 총차량주행거리 추정 결과 .....	322
<표 8-27> KTDB 총차량주행거리의 비교(한국도로공사) .....	323
<표 8-28> KTDB 총차량주행거리의 비교(건기연, 고속국도) .....	323
<표 8-29> KTDB 총차량주행거리의 비교(건기연, 일반국도) .....	323

## 그림목차

<그림 2- 1> HPMS의 VMT 산정 절차 .....	19
<그림 2- 2> 대표구간의 Coverage에 따른 오차율 분석결과 .....	26
<그림 2- 3> Sampling 과정 .....	27
<그림 2- 4> 단위구간 설정 예시 .....	27
<그림 2- 5> 단위구간 분류과정 .....	28
<그림 2- 6> HPMS의 Sampling 과정 .....	29
<그림 2- 7> 교통량 추정과정 .....	33
<그림 2- 8> Network Performance Measurement framework concept .....	46
<그림 2- 9> 국내 교통망성능평가의 한계점 .....	51
<그림 2-10> Performance-Based 계획 프로세스 개념도 .....	53
<그림 2-11> GIS데이터베이스를 활용한 대중교통망성능평가 예(서울시) .....	59
<그림 3- 1> 차량주행거리 산정방법 및 절차 .....	64
<그림 3- 2> 교통축 설정 과정 .....	67
<그림 3- 3> 도로 등급 구분을 위한 시점 및 종점 개념도 .....	69
<그림 3- 4> 도로등급분류 과정 예시 .....	70
<그림 3- 5> 미국 HPMS의 층별 표본배분방법 .....	77
<그림 3- 6> 주어진 자료값()의 위치와 예측지점값() .....	78
<그림 3- 7> 공간통계기법 적용과정 .....	79
<그림 3- 8> 일정한 문턱값을 갖는 전형적인 반베리오그램 .....	81
<그림 3- 9> 회귀크리깅 모형 개념도 .....	84
<그림 3-10> 회귀크리깅을 이용한 차량주행거리 산정과정 .....	84
<그림 3-11> 민감도 분석의 절차 .....	86
<그림 3-12> HPMS 방법론 적용과정 .....	87
<그림 4- 1> 부천시 행정구역 .....	93

<그림 4- 2> 부천시 토지이용계획도 .....	94
<그림 4- 3> 부천시 검지기 현황 .....	98
<그림 4- 4> 교통량자료 수집현황 .....	99
<그림 4- 5> 교통축설정 결과 .....	102
<그림 4- 6> 부천시 총 차량주행거리 .....	112
<그림 4- 7> 차량주행거리 산정방법별, 층 구분방법별 민감도 분석결과(AADT 그룹 5개층) .....	114
<그림 4- 8> 차량주행거리 산정방법별, 층 구분방법별 민감도 분석결과(도로기능 3개층) .....	115
<그림 4- 9> 단위구간 설정 방법별 민감도 분석결과(도로기능 3개층) .....	117
<그림 4-10> 층별 크리깅 적용결과(AADT 그룹 5개층, 표본 크기20%) .....	119
<그림 4-11> 층별 크리깅 적용결과(도로기능 3개층, 표본 크기20%) .....	120
<그림 4-12> 층별 크리깅 적용결과(AADT 그룹 5개층, 표본 크기30%) .....	121
<그림 4-13> 층별 크리깅 적용결과(도로기능 3개층, 표본 크기30%) .....	122
<그림 5- 1> 교통망(교통체계)의 기능 개념 .....	134
<그림 5- 2> 미국 MTC의 샌프란시스코만지역 교통망 2035계획 프로젝트 평가 중 3E의 평가 목적 .....	136
<그림 5- 3> 교통망성능평가 절차 .....	142
<그림 5- 4> 단일속성 효용함수 값으로의 계량화 과정 .....	154
<그림 5- 5> 부천시교통정보센터 ITS검지기 설치 위치 .....	169
<그림 5- 6> 부천시 내 교통량조사 지점(118개) .....	174
<그림 5- 7> 교차로 교통량조사 Data를 활용한 교차로 접근로 링크 교통량 추정 예시 ·	176
<그림 5- 8> 교통량조사 Data를 활용하여 교통량 추정이 가능한 링크 .....	176
<그림 5- 9> 통행속도 Data 구축 과정 .....	180
<그림 5-10> 교통경제학적 접근에서의 교통혼잡 기준속도 개념 .....	182
<그림 5-11> 교차로 교통량조사 Data를 활용한 교차로 접근로 링크 교통량 추정 ···	184
<그림 5-12> 통행속도 Data 구축 과정 .....	186
<그림 5-13> 부천시 교통사고 발생건수 상위지점(2010년 11건 이상) .....	189
<그림 5-14> 링크별 차로수 .....	190

<그림 5-15> 도로링크별 제한속도 .....	191
<그림 5-16> 교통체계 이용 - 이동성 지표 분류 .....	192
<그림 5-17> 교통체계 이용 - 신뢰성 지표 분류 .....	193
<그림 5-18> 교통혼잡비용의 구성요소 .....	196
<그림 5-19> 부천시 도로망 총괄도 .....	198
<그림 5-20> 서비스수준(LOS) .....	200
<그림 5-21> 혼잡 차량통행지체(대·시) .....	200
<그림 5-22> TTI .....	201
<그림 5-23> 부천시 버스정류장 현황 .....	234
<그림 5-24> 수도권 광역버스정보시스템(BIS) 연계·구축사업 범위 .....	235
<그림 5-25> 수도권 교통카드 Data 자료 구성 및 형태 .....	238
<그림 5-26> BMS Data와 교통카드 Data간 매칭 문제 예시 .....	241
<그림 5-27> 부천시 업체별 버스유형별 노선현황 .....	245
<그림 5-28> 부천시 버스업체별 통과 정류장수 .....	246
<그림 5-29> 버스 유형별 노선연장에 따른 노선개수(개) .....	256
<그림 5-30> 버스 유형별 버스운행횟수 분포 .....	257
<그림 5-31> 버스 유형별 배차간격 분포 .....	258
<그림 6- 1> 영국 교통국(Department for Transport)의 자유통행속도 통계집 ...	265
<그림 6- 2> 교통Data의 호환 및 공유 개념도 .....	267
<그림 6- 3> 조사기획 및 설계단계 .....	269
<그림 6- 4> 모형추정 및 검증 단계 .....	272
<그림 8- 1> 월별 데이터 수집량 .....	295
<그림 8- 2> 데이터 품질관리 기준 적용 결과 .....	300
<그림 8- 3> 링크별 총데이터수 분포 .....	302
<그림 8- 4> 링크당 1일 데이터 수집량 .....	303
<그림 8- 5> 표준화 적용 전후 1일 데이터 추이 비교 .....	305
<그림 8- 6> ITS표준노드링크의 노드와 링크 .....	308

<그림 8- 7> ITS표준노드링크와 Point 변환결과 .....	308
<그림 8- 8> 자동차 주행거리 추정 절차 .....	316
<그림 8- 9> 고속국도 지역별 요일별 데이터수 분포 .....	317
<그림 8-10> 일반국도 지역별 요일별 데이터수 분포 .....	319

요 약

---





## 요 약

### 1. 과업의 개요

#### ○ 연구의 배경 및 목적

- 본 연구는 불충분한 교통량 자료를 활용하여 차량주행거리를 추정하고, 기 구축되어 있는 자료를 통해 개별 교통수단별 교통지표를 정의하고 지표산출방안을 제시함
- 산출한 교통지표를 통해 대상 도시의 자동차/대중교통 교통망 성능평가를 실시함
- 또한, 교통망성능평가향후 광역도시 적용방안 및 현재 자료수집의 한계를 제시함

#### ○ 연구의 범위

- 시간적 범위 : 2012년 기준으로 가장 최신의 자료를 활용함
- 공간적 범위 : 부천시의 주간선 및 보조간선도로를 주행하는 모든 자동차를 대상으로 도로 등급별·차종별 차량주행거리를 산정하고 교통망성능평가를 실시함

#### ○ 연구의 내용

- 차량주행거리 산정 및 교통네트워크 성능평가(자동차, 대중교통)
- 부천시의 차량주행거리 산정결과에 따른 민감도분석
- 현재 부천시 자료수집의 한계 및 산정결과의 한계 제시
- 2014년 광역도시들에 적용 시 KTDB 준비사항 제언

#### ○ 연구의 기대효과

- 대상도시의 자동차주행거리 산정결과
- 자동차주행거리 추정의 한계 및 향후 개선방안
- 자동차 네트워크 성능평가 지표, 대중교통 네트워크 성능평가 지표
- 대상도시의 네트워크 성능평가결과
- 네트워크 성능평가결과 표출방안
- 네트워크 성능평가의 한계 및 향후 개선방안

## 2. 기존 연구문헌 고찰

### 가. 국내 / 국외 자동차주행거리 산정방법 비교

- 국내·외 자동차주행거리 추정방법론에 대한 비교는 다음 <표 1>과 같음

<표 1> 국내외 차량주행거리 추정방법론 비교

구분		산정 방법	장점	단점
교통량 기반	한국교통연구원	-차량검지기 교통량 자료, 현장조사 및 교통수요모 형을 활용하여 지내 차 량주행거리 산정	-도시부 차량주행거리 산정 -교통량 자료에 기반을 둔 산정방법으로 현재 가장 선호하는 방법	-기초 DB 구축에 많은 시간과 비용이 소요 -ITS 구축된 도시에 적 용 가능 -차종 구분을 위한 조사 필요
	한국건설 기술연구원	-관측교통량 기반 지역간 주행거리 산출	-비용대비 효과 좋음 -계산 용이	-도시부 산정불가 -도로기능 고려불가
	HPMS	-표본구역의 $\Sigma(AADT*도로 중심선 길이)$ 를 주 전체로 확장하는 방법 사용	-FHWA의 traffic monitoring guide 에서 제시하는 표준화된 통계적 원리에 따라 교통 량 수집 및 관리로 비용 효과적임	-모든 기능의 도로를 포 함하지 않음 -지선도로(local road) 가 표본대상에 포함되 지 않음
	INDOT	-HPMS와 동일 방법	-교통량 수집 지점이 HPMS 방법에 비해 월등히 많음	-일부 기능상의 도로 종 류에 대한 불충분한 교 통 자료에서 오는 한계 및 오류
연료판매량 기반		-가솔린과 디젤 연료의 소 매 판매량 및 단위가격, 연료효율 등에 기초함	-간단하고 대략적인 추정 및 기초연구에 활용 가능	-연료효율 수치의 직접 적인 측정 불가 -기타 연료 사용차량에 대한 미고려
주행기록계 기반 (교통안전공단)		-각 차량에 장착된 주행거 리 기록계의 거리 합	-모든 차량에 대한 주행 기록계 자료가 있다면 가장 정확한 방법	-표기 및 주행기록계 변 경 등에 따른 오류 발생 -비용문제로 인한 전수 조사 가능성이 낮음
가구 및 운전자조사 기반		-NTPS 데이터를 이용하 여 VMT 산정	-조금 더 안정적이고 정 확한 VMT 추정 가능	-응답자의 기록 변동에 의한 VMT 추정치 정 확도가 달라짐
Highway/Transit Network Model		-도로네트워크를 이용하 여 교통량 예측을 통한 자동차 주행거리 산정	-실제 교통량 자료를 활 용할 경우 비교적 정확 한 자동차 주행거리 산 정 가능	-구역별 통행 발생량 예 측 정확도에 따라 변화 -간략화된 노드와 링크 로 구성될 경우, 산정 결과에 영향

## ○ 선행연구 검토결과

- 차량주행거리 산정방법론 관련 기존연구 검토를 통하여 차량주행거리 추정 시 오차발생 원인을 규명하였으며, 오차발생 원인이 자동차주행거리 추정에 미치는 영향정도를 파악하기 위한 방법론을 검토함. 검토결과는 다음 <표 2>와 같음

&lt;표 2&gt; 선행연구 검토결과(종합)

구분		논문명	연구목적 및 방법	설정변수	검증
단위구간 크기결정		FHWA (2012)	-자동차주행거리 및 AADT 추정 목적 -단계적인 과정에 의한 단위구간 크기결정	-AADT, 도로등급 -도시화구분 -직진차로수 -Facility Type	미검증
		임성한 (2012)	-교통량 조사지점 선정을 위한 단위구간 크기결정 -Genetic Algorithm 적용 ·AHP 분석을 통한 구간별 특성값 산정	-AADT, VKT -첨두시간 교통량 -도시부 유출입구간 -방향별 교통량 -Volume, 중차량비 -속도, 밀도, V/C	미검증
표본 추출	표본 크기 결정	FHWA (2012)	-자동차주행거리 및 AADT 추정 목적 -단위구간크기결정 및 표본계층화를 통한 적정 표본크기 결정	-단위구간 수 -교통량의 변동계수 -Confidence level -Precision rate	미검증
	표본 추출 방법	Frawley (2007)	-지역도로의 자동차주행거리 추정을 위한 교통량 조사지점 선정과정 제시 -임의표본추출방법에 의한 교통량 조사지 점 선정 -표준오차를 기준으로 적정 교통량 조사 지점수 산정	-	-표준오차(Standard)를 기준으로 적정 교통량 조사지점수 산정(통계 적 접근)
교통량 추정방법 (공간통계기 법 적용)		Selby and Kockelma n (2011)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·범용 Kriging, Variogram 적용	-AADT, Speed -Lanes, Person/Arce -Jobs/Sq Mile	-관측지점의 교통량 비교 ·Variogram 모델 유형별 ·거리산정 기준별
		김호용 (2010)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·단순 Kriging, Variogram 적용 ·공동 Kriging, Variogram 적용	-AADT	-관측지점의 교통량 비교 ·Kriging 기법별 ·Variogram 이방성 적 용여부
		Wang and Kockelman (2009)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·단순 Kriging, Variogram	-AADT	-관측지점의 교통량 비교
		Eom et al (2006)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·범용 Kriging, Variogram	-AADT -Lanes -Median income -Highway function	-관측지점의 교통량 비교 ·Variogram 파라미터 추정방법별

## 나. 국내 / 국외 자동차교통망 성능평가지표

### ○ 국내

- 교통망성능평가를 위한 자료 수집은 1차원적 목적으로만 활용하고 있으며, 이력자료 저장 및 가공에 의한 2차 지표 생성·활용은 못하고 있는 실정임

<표 3> 국내 교통망성능평가지표 관련 수집자료 및 활용 현황

수집기관	수집자료	활용
국토교통부 ITS국가교통정보센터	교통량, 지점속도, 점유율	• 교통소통정보제공(고속도로, 국도)
지자체ITS센터	교통량, 지점속도, 점유율	• 지자체소통정보제공(국지도, 지방도)
한국도로공사	교통량(전국 폐쇄형톨게이트 통과, TCS)	• 국가교통DB구축(OD구축 및 보정)에 활용
한국건설기술연구원	도로교통량통계	• 교통수요분석(모형정산)
서울시/경찰청	서울시내교통량	• 소통정보제공(서울·수도권간선도로) • BIS, BMS
교통안전공단	교통사고데이터	• 교통사고통계 제공 • 사고찾은구간 선별

자료 : 박동주(2013), Network Performance Measure 현황 및 정책방향, 2012년도 『국가교통조사 및 DB구축사업』 국가교통DB사업 성과발표회(2013. 4. 25) 발표자료.

- 차량주행거리, 온실가스배출량, 에너지 소비량 등 Information 산출이 어려워 국내 교통망성능평가는 단순 통계Data에 불과한 수준임
- 도심부 교통량 자료 확보가 부족하고 속도자료와 교통량 자료의 통합이 어려우며, 국가와 지자체 간 데이터 호환 및 공유가 되지 않아, Data의 1차원적 목적(교통량수집, 단속 등)에만 활용되고 있음



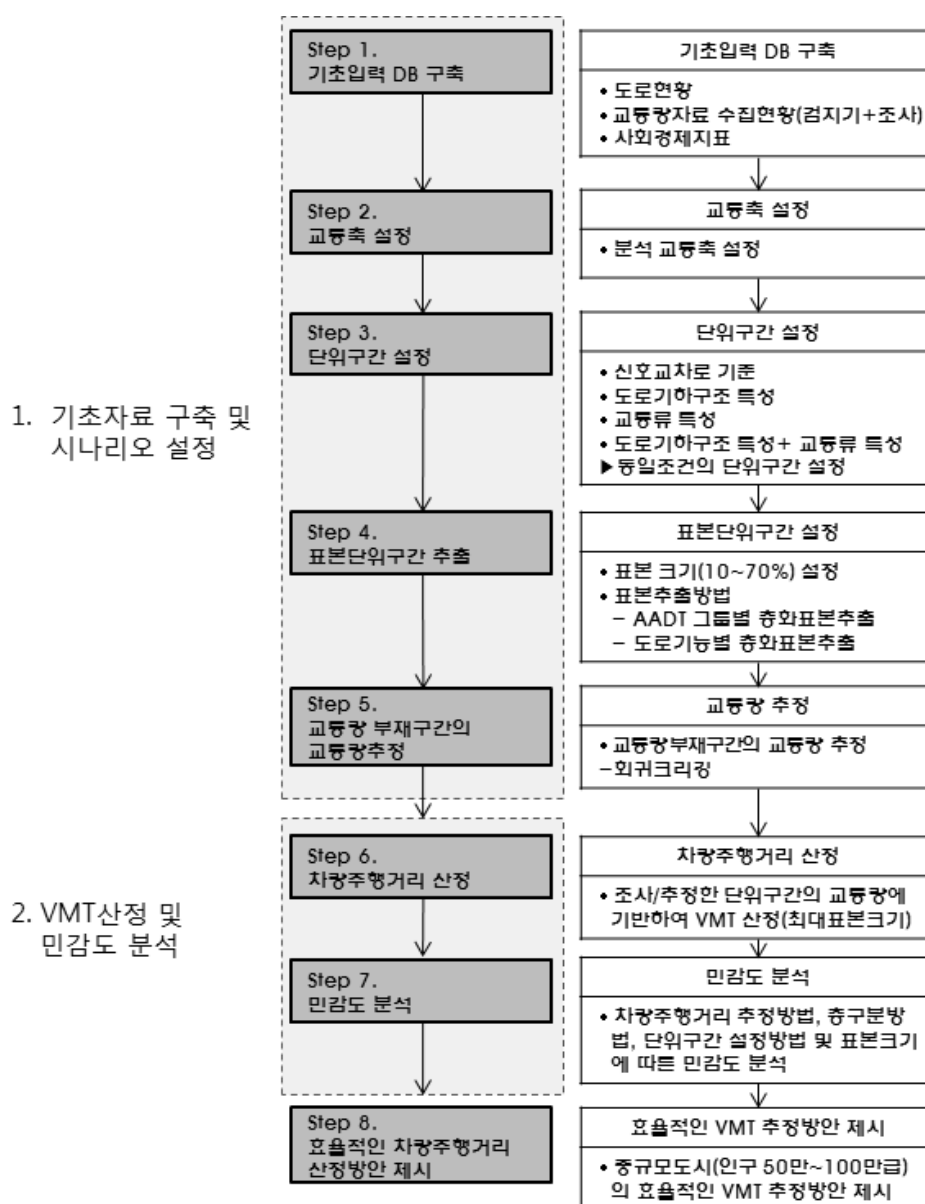
<그림 1> 국내 교통망성능평가의 한계점

- 이에 반해 해외에서는 성능평가지표를 바탕으로 교통계획 및 정책수립부터 목표와 세부 계획을 수립해오면서, 다양한 지표와 정보를 가공하는 방법을 연구해오고 있음

### 3. 차량주행거리 산정을 위한 분석방법론 설정

#### 가. 차량주행거리 산정방법

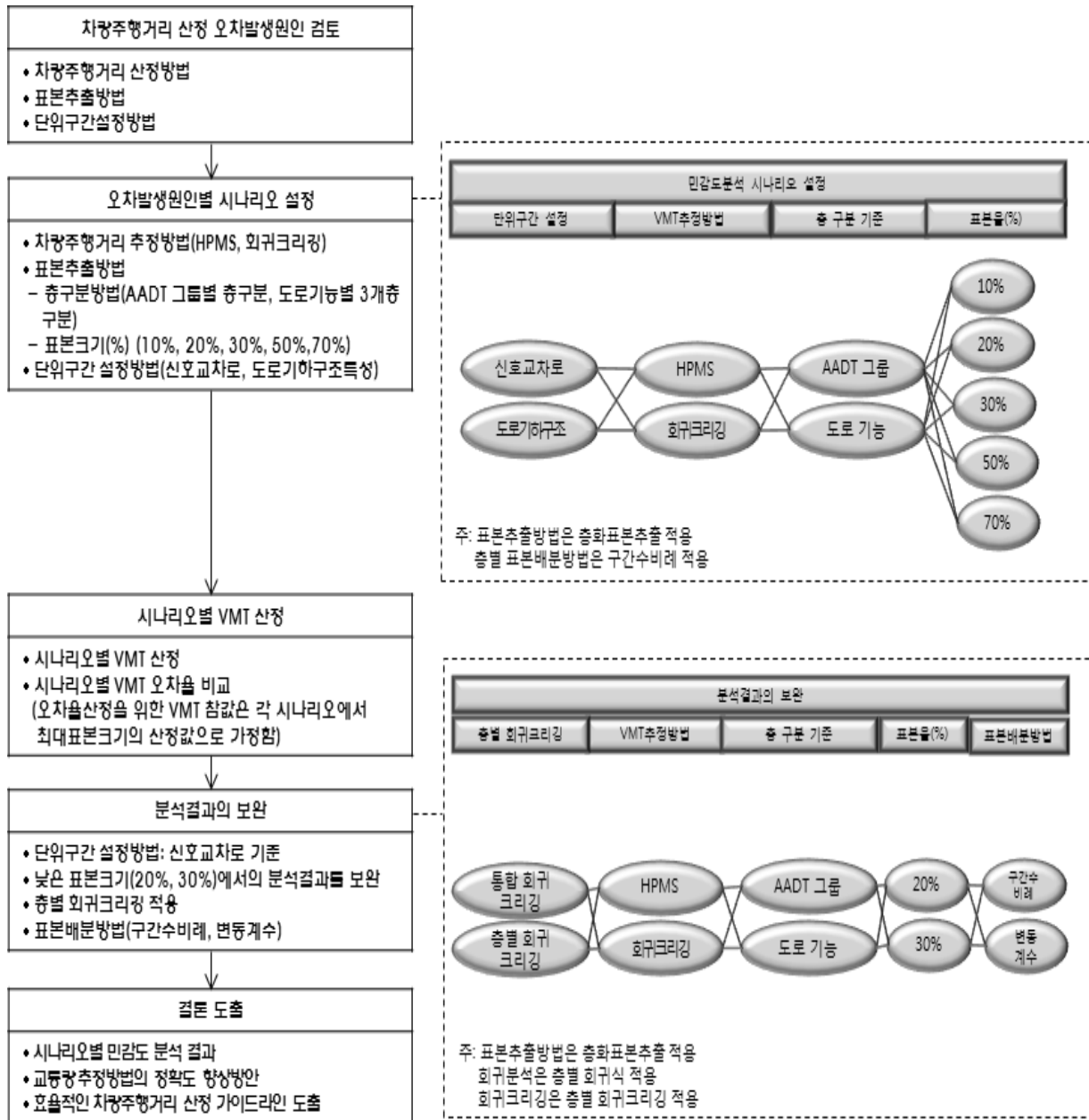
- 본 연구는 다음 <그림 3>과 같은 단계를 통해 차량주행거리를 산정하고자 함. 각종 기초입력 DB를 구축 한 후 교통축 설정 → 단위구간 설정 → 표본단위구간 추출 → 교통량 추정을 통해 부천시 차량주행거리를 산출하고 민감도 분석을 통해 효율적인 자동차주행거리 산정결과를 제시하고자 함



<그림 2> 차량주행거리 산정방법 및 절차

## 나. 검증 및 민감도 분석방법

- 민감도 분석의 목적은 산정방법 및 오차발생원인별로 시나리오를 설정하고 오차율 비교를 통해 효율적인 차량주행거리 산정방안을 도출하기 위함임
- 본 연구에서 수행한 민감도 분석의 절차 및 내용은 <그림 3>과 같음



<그림 3> 민감도 분석의 절차

#### 4. 대상도시의 차량주행거리 산정

##### 가. 대상도시 차량주행거리 산정

- 본 연구는 차량검지기 수집 자료, 교통량조사, 공간통계기법을 통해 추정된 교통량을 활용하여 부천시의 도로기능별·도로등급별·차종별 차량주행거리 자료를 구축함. 차량주행거리 산정식은 다음과 같음

$$VMT = \sum_{t=1}^n \sum_{k=1}^3 (V_{tk} \times AD_{tk})$$

$V_{tk}$  : 구간별·차종별 연평균일교통량(AADT) (대/일)  
 $AD_{tk}$  : 구간별·차종별 링크길이(km)  
 $t$  : 전체 구간수  
 $k$  : 차종(1: 승용차, 2: 버스, 3: 화물자동차)

- 부천시 차량주행거리는 다음과 같은 방법론을 적용하여 산정함
  - 차량주행거리 산정방법 : 회귀크리깅
  - 단위구간 설정방법 : 신호교차로 기준
  - 표본크기 : 최대표본크기(84.7%)(신호교차로 기준 총 150개 단위구간 중 127개 단위구간 자료 확보)
- ※ 전체 표본으로 차량주행거리를 산정하므로 표본추출방법(층 구분방법, 표본배분방법) 및 층별 회귀크리깅을 고려하지 않아도 됨

<표 4> 부천시 도로기능별 도로현황 및 차량주행거리 비교

구분	고속도로 및 도시고속도로	주간선도로	보조간선도로	합계
연장(km)	8.9 (11.2%)	19.2 (24.2%)	51.3 (64.6%)	79.4 (100.0%)
차량주행거리(대·km/일)	1,563,188 (37.0%)	1,016,598 (24.1%)	1,646,406 (39.0%)	4,226,192 (100.0%)

<표 5> 차종별 차량주행거리 산정결과

(단위: %, 대·km/일)

구분	통행비중	차량주행거리
승용차	75.2	3,178,096
버스	9.4	397,262
소형화물자동차	11.1	469,107
대형화물자동차	4.4	185,952
합계	100.0	4,226,192

&lt;표 6&gt; 도로등급별 차량주행거리 산정결과

구분		단위구간수(개)	연장(km)	차량주행거리 (대·km/일)
도로등급	고속도로 및 도시고속도로	5 (3.3%)	8.9 (11.2%)	1,563,188 (37.0%)
	1등급	3 (2.0%)	5.6 (7.1%)	258,665 (6.1%)
	2등급	1 (0.7%)	2.1 (2.7%)	92,056 (2.2%)
	3등급	21 (14.0%)	14.3 (18.0%)	602,067 (14.2%)
	4등급	0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	0 (0.0%)
	5등급	117 (78.0%)	47.8 (60.2%)	1,704,258 (40.3%)
	6등급	3 (2.0%)	0.7 (0.9%)	5,959 (0.1%)
합계		150 (100.0%)	79.3 (100.0%)	4,226,192 (100.0%)

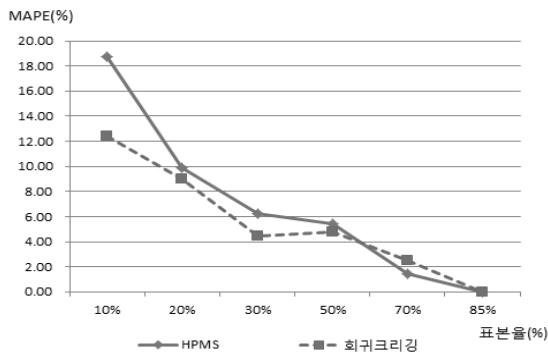
&lt;표 7&gt; 도로유형별·차종별 차량주행거리 산정결과

구분		차량주행거리(대 · km/일)	비중(%)
고속도로	승용차	1,159,885	27.4
	버스	112,550	2.7
	소형화물자동차	190,709	4.5
	대형화물자동차	100,044	2.4
1등급	승용차	191,412	4.5
	버스	22,763	0.5
	소형화물자동차	31,557	0.7
	대형화물자동차	12,933	0.3
2등급	승용차	67,569	1.6
	버스	5,523	0.1
	소형화물자동차	12,520	0.3
	대형화물자동차	6,444	0.2
3등급	승용차	445,530	10.5
	버스	102,953	2.4
	소형화물자동차	42,747	1.0
	대형화물자동차	11,439	0.3
4등급	승용차	0	0.0
	버스	0	0.0
	소형화물자동차	0	0.0
	대형화물자동차	0	0.0
5등급	승용차	1,353,181	32.0
	버스	127,216	3.0
	소형화물자동차	192,581	4.6
	대형화물자동차	30,677	0.7
6등급	승용차	4,529	0.1
	버스	584	0.0
	소형화물자동차	608	0.0
	대형화물자동차	238	0.0
합계		4,226,192	100

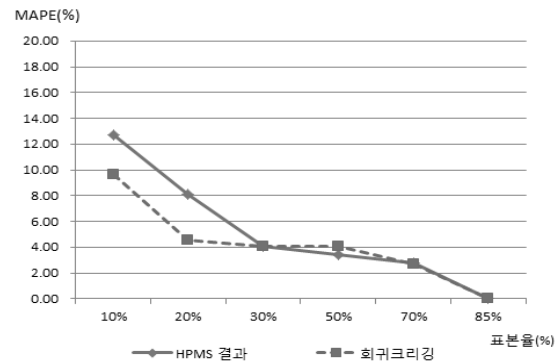


## 나. 차량주행거리의 민감도 분석

- 차량주행거리 산정방법별, 층 구분방법별 민감도 분석 결과
  - 회귀크리깅에 의한 차량주행거리 산정정확도가 높은 것으로 나타남
  - 도로기능 3개층 구분 시 차량주행거리 산정정확도가 높음



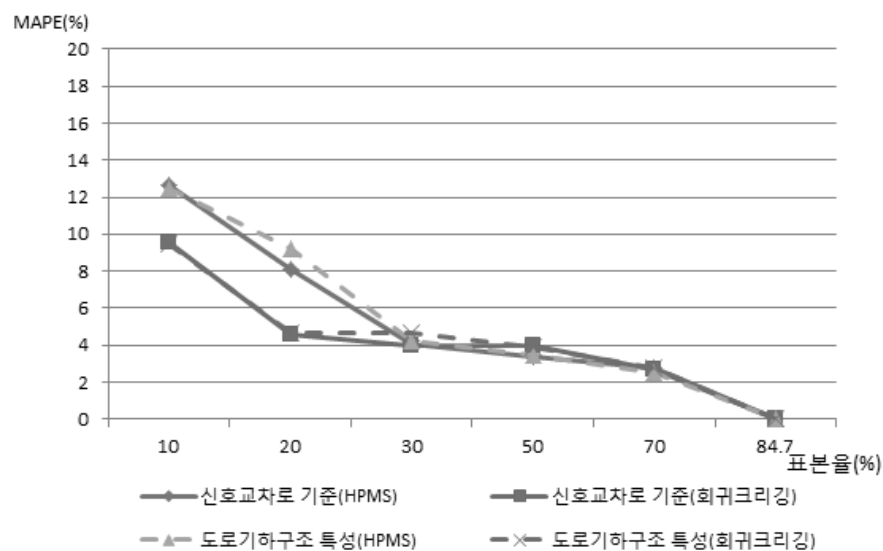
차량주행거리 산정방법별, 층 구분방법별 민감도 분석결과(AADT 그룹 5개층)



차량주행거리 산정방법별, 층 구분방법별 민감도 분석결과(도로기능 3개층)

<그림 4> 차량주행거리 산정방법별 층구분방법별 민감도 분석 결과

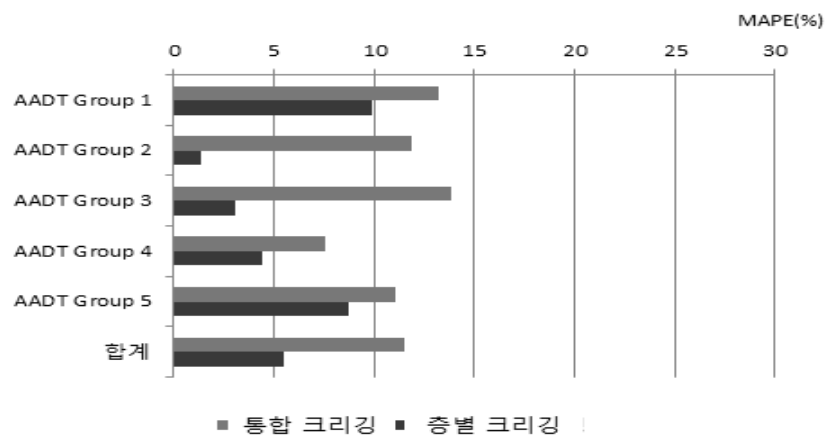
- 단위구간 설정방법별 민감도 분석 결과
  - 단위구간 설정방법에 따른 오차율차이는 크지 않았지만 신호교차로 기준 단위구간 설정이 좀 더 낮은 오차율을 나타냄을 알 수 있음



<그림 5> 단위구간 설정 방법별 민감도 분석결과(도로기능 3개층)

#### 다. 분석결과의 보완

- 분석결과의 보완에서는 낮은 표본 크기(20%~30%)에서의 차량주행거리 산정 정확도를 향상시키기 위해 차량주행거리 산정 시 다음과 같은 보완방법을 적용하여 추가 분석함
  - － 회귀크리깅을 이용한 교통량 추정시 층별 회귀크리깅 적용
  - － 층별 표본배분시 변동계수를 고려한 표본배분방법 적용
- 층별 회귀크리깅 적용결과
  - － 층별 회귀크리깅 적용결과, 통합 크리깅 결과에 비해 차량주행거리 산정 정확도가 높음



<그림 6> 층별 크리깅 적용결과(AADT 그룹 5개층, 표본 크기 20%)

- 층별 AADT 변동계수를 고려한 표본배분방법 적용결과
  - － 변동계수를 고려한 표본배분결과 오차율감소를 확인함

<표 8> 표본배분방법에 따른 차량주행거리 산정결과(AADT 그룹 5개층, 표본크기: 20%)

VMT추정방법	층 구분방법	구간수 비중		변동계수를 고려한 표본배분	
		VMT(대-km)	MAPE(%)	VMT(대-km)	MAPE(%)
HPMS	AADT Group 1	114,286	16.7	116,050	12.2
	AADT Group 2	773,231	27.9	788,125	12.6
	AADT Group 3	1,082,055	8.4	1,117,437	10.2
	AADT Group 4	595,146	7.5	609,081	4.4
	AADT Group 5	1,235,435	23.9	1,623,351	5.8
	합계	3,800,152	9.9	4,254,044	0.9
회귀크리깅	AADT Group 1	124,463	13.2	125,427	12.4
	AADT Group 2	808,147	11.9	824,872	8.6
	AADT Group 3	1,718,696	13.9	1,403,369	11.9
	AADT Group 4	611,099	7.5	588,160	7.7
	AADT Group 5	1,623,351	0.0	1,355,472	0.0
	합계	4,885,757	15.6	4,297,300	1.7

## 라. 민감도 분석을 고려한 차량주행거리 산정

- 본 절에서는 차량주행거리 민감도 분석 결과를 토대로 오차발생원인별 가장 오차율이 낮은 경우를 선택하여 <표 9>와 같이 차량주행거리를 산정함

<표 9> 민감도 분석 결과를 고려한 차량주행거리 산정

표본크기 (%)	차량주행거리 추정방법	총 구분방법	단위구간 설정방법	총별 크리깅 적용여부	표본배분방법	차량주행거리 (대·km/일)
10	회귀크리깅	도로기능 3개층	신호교차로 기준	미적용	구간수비례	4,144,376
20				적용	변동계수 고려	4,333,282
30				미적용	구간수비례	4,066,827
50				미적용	구간수비례	4,336,879
70				미적용	구간수비례	4,265,373
84.7				미적용	구간수비례	4,226,192

## 5. 대상도시의 교통망성능평가

### 가. 자동차부문 교통망성능평가

#### 1) 지표 산출 공간적 범위

- 모든 지표는 기본적으로 개별 링크 단위로 산출을 함
- 개별 링크별로 산출된 지표는 부천시 전체에서 1개의 값(value)을 갖도록 집계하여 부천시 전체 교통망을 진단할 수 있는 지표를 제시함

#### 2) 지표 산출 시간적 범위

- 모든 지표는 기본적으로 주중 평일과 주말로 구분하여 산출하며, 평일과 주말을 집계한 주중 지표는 연평균지표로 제시함
- 신뢰성 지표 중 첨두시에 한정하여 산출하는 일부 지표를 제외하고는 하루 중 첨두시와 비 첨두시로 구분하여 산출함

### 3) 지표 산출 내용적 범위

- 본 연구에서 설정한 자동차부문 교통망성능평가 체계에는 교통인프라 공급 지표, 교통체계 이용 지표, 교통시스템전반 지표로 구분됨
- 교통인프라 공급 지표는 전문가 설문조사와 Data 확보 가능성을 고려하여 선정된 지표들을 산출함
- 교통체계 이용 지표 중 이동성 지표는 최종 선정된 지표 외 교통량 지표, 통행속도 지표, 통행시간 지표, 주행거리 지표를 산출함
- 교통체계 이용 지표 중 신뢰성 지표는 최종 선정된 지표 외 본 연구에서 구축한 Data를 바탕으로 통행속도 기반 지표, 통행시간 기반 지표, 통행속도·시간·교통량 기반 지표로 구분하여 산출함
- 교통체계 이용 지표 중 안전성 지표는 선정된 지표들이 기존 연구나 교통통계에서 사용되는 지표이고, 『부천시 도시교통정비 기본계획』에서 제시되어 있으므로 본 연구에서 별도로 산출하지 않음

## 나. 대중교통부문 교통망성능평가

### 1) 지표 산출 공간적 범위

- 대중교통부문 교통망성능평가 지표는 부천시 관내 시내버스로 한정함
  - 본 연구에서는 대상도시인 부천시로부터 운행계통을 허가 받은 시내버스에 관한 지표 산출로 한정하며, 마을버스는 산출범위에서 제외함

### 2) 지표 산출 시간적 범위

- 시간적 범위는 버스 관련 현황과 BMS Data 구축 시점인 2013년 주중 평일을 기준으로 지표를 산출함
  - 확보된 BMS Data는 2013년 6월~7월 2개월간의 Data이나, 7월 중 휴일 및 방학으로 인해 연평균 주중 평일 통행특성이 반영하기 어려울 것이라고 가정하여 2013년 6월 1개월간의 Data만을 활용함

### 3) 지표 산출 내용적 범위

- 앞에서 살펴본 바와 같이 대중교통부문 교통망성능평가 지표 산출을 위해 확보한 Data 중 BMS Data와 교통카드Data 간 호환 문제로 인해, 본 연구에서 교통카드Data는 활용하지 않기로 함
  - 본 연구에서 사용하는 버스관련 현황, BMS Data는 2013년 기준(노선 및 정류소 현황: 2013년12월말, BMS Data: 2013년 6월)이고, 확보된 교통카드Data는 2012년 3월 Data임
  - 두 Data간 호환문제 뿐만 아니라, 자료 구축 시점이 상이하여 본 연구에서는 BMS Data만을 활용하여 지표를 산출함
- 부천시 대중교통부문 교통망성능평가 지표 산출의 기준은 다음과 같음
  - 대상통행 : 부천시 관련통행(부천 시내버스 대부분 부천과 서울 간 운행)
  - 기준통행 : 교통카드Data를 활용하지 않음으로 인하여, 기준통행에 대한 기준 없음
  - 교통수단 : 부천시 관내 시내버스(마을버스 제외)
  - 기준일 : 주중연평균일

## 6. 교통망성능평가를 위한 가이드

### 가. 자료수집의 한계 및 개선방안

- 중앙정부와 지자체가 각각 구축한 ITS시스템으로 통행속도에 대한 Data 수집은 다소 원활하게 이루어지고 있음(김찬성, 2013)
- 교통량Data는 속도Data에 비하여 수집Data가 풍부하지 못함

<표 10> 속도Data 수집현황 및 문제

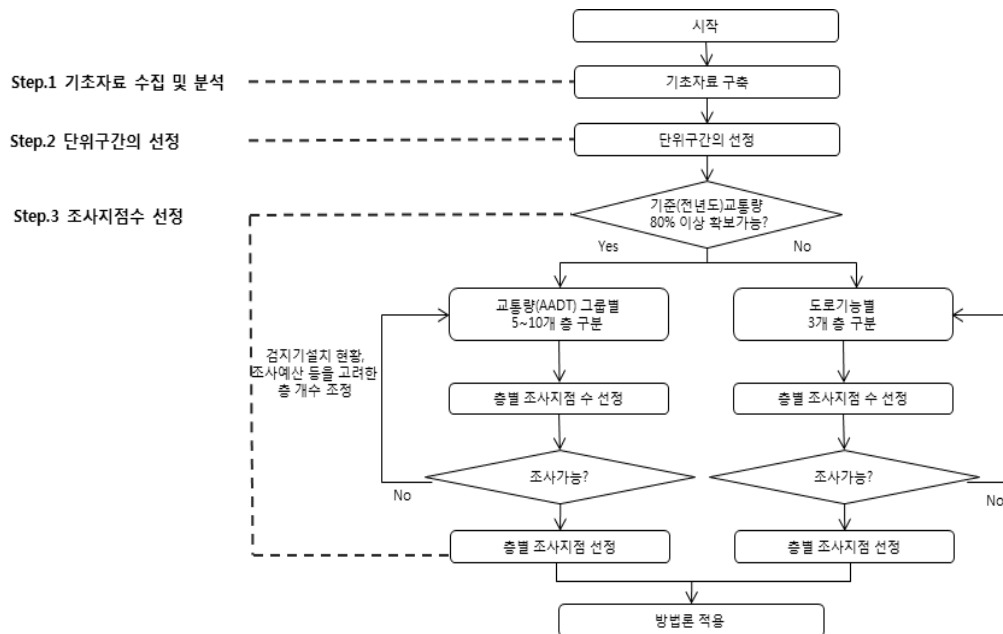
구분	현황	문제점	개선방안
중앙정부: 국토교통부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상: 고속국도, 국도, 지방도(지자체)</li> <li>- 수집방법: 지점검지 이용(해당 지점에 한해서는 전수조사)</li> <li>- 수집자료: 지점속도</li> <li>- 배포: 홈페이지/모바일, ARS(1333), KIOSK</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이력관리가 이루어지지 않음</li> <li>- 국가교통정보센터에서는 수집되는 자료에 대한 결측 및 오류에 대한 검증 절차 없이 수신된 자료를 기반으로 소통정보를 제공하기 때문에 자료의 신뢰성이 많이 떨어짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이력자료 관리를 통한 부가정보 창출</li> <li>- 교통자료 관리를 위한 Quality Control기준 체계 확보</li> </ul>
중앙정부: 경찰청	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상: 고속국도, 시고속도로, 국도, 시내도로</li> <li>- 수집방법: UTIS 단말기를 장착한 Probe Vehicle(순찰차, 택시 등 표본조사)</li> <li>- 배포: 포털, 언론사, 통신사, 홈페이지/모바일, ARS(1644-5000)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 프로브 차량 위주의 속도 정보 수집으로 샘플수가 많지 않은 지역의 경우 신뢰성이 떨어짐</li> <li>- 국토교통부에서 추진하고 있는 ITS와 상충</li> </ul>	
민간업체	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이동통신사: GPS자료기반 속도자료 수집</li> <li>- 네비게이션업체: 실시간 수집은 안되나, 이용자가 지도 Update시 인터넷과 연결되면 주행정보 수집</li> <li>- 속도수집전문업체: 콜택시 등 프로브 차량을 이용하여 속도자료 수집하여 도로공사나 포털업체에 제공</li> <li>- 방송사: TPEG를 통해 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공공재인 소통정보 수집을 위해 민간에서 비용을 투자하기 때문에 서비스 제공을 위한 추가 비용 발생</li> </ul>	

<표 11> 교통량Data 수집현황 및 문제

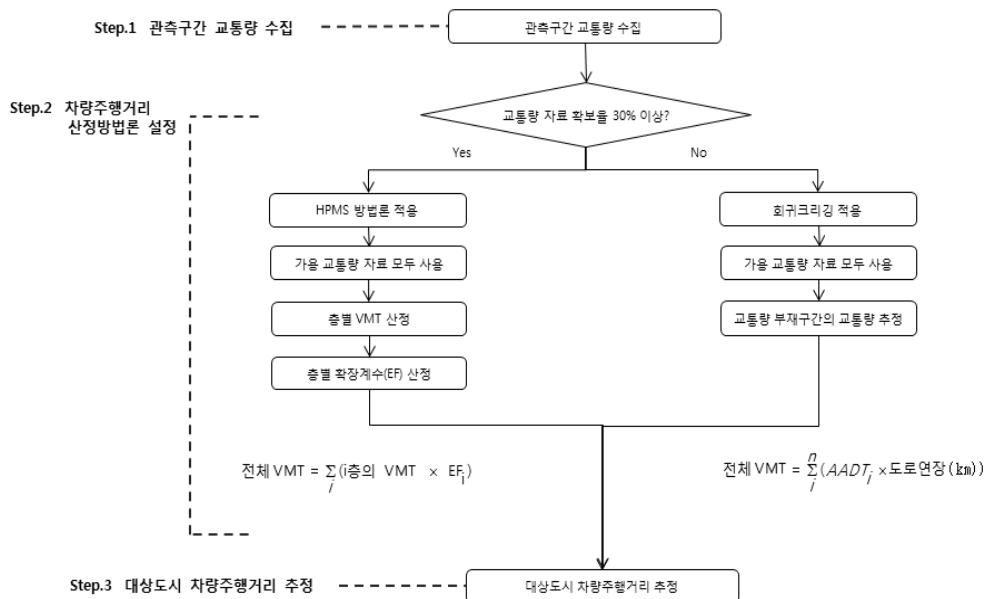
구분	현황	문제점	개선방안
중앙정부: 국토교통부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전국단위 교통량 조사(고속국도, 일반국도, 지방도) 총 관리감독</li> <li>- 한국건설기술연구원 의뢰, 도로교통량 통계연보를 작성하여 1년 단위로 배포</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통량 수집체계의 일관성 및 자료의 신뢰성 문제</li> <li>- 자료 공유 체계의 문제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통자료 관리를 위한 Quality Control 기준 체계 확보</li> <li>- 지방정부 교통량 모니터링을 위한 지원체계 구축</li> </ul>
5대 광역시 (대전 제외)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도시내 주요 간선도로 및 교차로, 시계유출입 지점에서 교통량을 조사 실시하고 있으며, 1년 단위로 배포</li> <li>- ITS 시스템이 구축되어 있으나, 교통량 수집은 자동검지+인력식으로 별도 진행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 서울시를 제외하고 거의 수시조사를 통해 교통량 수집</li> <li>- 도시내부 보다는 외곽 위주로 수집</li> <li>- 차종구분 기준이 지자체마다 다름</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도심부 교통량의 자료 표준화와 양적 부족 문제를 해결해야 함</li> <li>- 교통량 자료를 효율적으로 수집, 저장하여 활용하는 교통 모니터링 체계를 구축하여 단순히 자료만 쌓아놓고 활용하는 수준에서 벗어나 다양한 도로의 성능 평가지표를 산출할 수 있도록 해야 함</li> </ul>
ITS 구축 중소도시	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2009년 기준, 특별시 및 광역시를 포함하여 ITS 구축 지자체는 551개이나, 거의 대부분의 지자체에서는 소통정보 제공을 목적으로 속도자료 위주의 교통정보 수집</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지자체 및 정부기관별로 방대한 교통자료를 수집 및 저장하고 있으나, 자료의 활용도 및 연계 체계가 매우 저조한 실정임</li> </ul>	

## 나. 차량주행거리 산정을 위한 가이드

- 본 연구는 대상도시인 부천시에 대하여 차량주행거리를 산정하고 인구규모가 유사한 인구 50만~100만급 도시의 효율적인 차량주행거리산정을 위한 가이드라인을 제시함
- 효율적인 차량주행거리 산정을 위한 가이드라인은 자료수집단계와 방법론적용 단계로 구분함



<그림 7> 조사기획 및 설계단계



<그림 8> 모형추정 및 검증 단계

## 다. 교통망성능평가를 위한 가이드

### 1) 교통망성능평가 지표 선정

- 본 연구에서는 자동차부문과 대중교통부문의 교통망성능평가 관련 기존 연구문헌들을 검토하여 각 부문별 교통망성능평가 지표의 Pool을 구축하였음
- 전문가 설문조사를 통해 각 부문별 교통망성능평가 지표 Pool을 평가하여 지표들 간 우선순위 및 중요도를 평가하였음. 또한 개별 지표별 필요 Data 확보 가능성을 고려하여 각 부문별 최종 교통망성능평가 지표를 선정하였음
- 향후 다른 도시를 대상으로 교통망성능평가 시 본 연구에서 선정한 교통망성능평가 지표의 우선순위 및 중요도 평가 결과와 해당 도시에서 확보 가능한 필요Data를 바탕으로 지표를 선정할 수 있음

### 2) Data 구축

- 자동차부문 교통망성능평가를 위한 Data 구축
  - 자동차부문 교통망성능평가 시 가장 중요한 것은 교통량Data의 구축임
  - 본장 제2절에서는 차량주행거리 산정 부문에서 교통량Data 구축을 위한 적정 샘플크기, 교통량 부재 구간의 교통량 추정 방법(회귀분석, 공간통계기법 등)을 제시하였음
  - 추정된 교통량은 연평균일교통량(AADT)이므로, 이를 바탕으로 요일별·시간대별 교통량을 재추정해야 함
  - 요일별·시간대별 교통량 추정을 위해서는 요일변동계수와 1일 중 시간대별 교통량변화정보가 필요함
- 대중교통부문 교통망성능평가를 위한 Data 구축
  - 대중교통 관련 현황 Data는 해당 지역 관내 운행 중인 대중교통 운수업체, 보유 버스 대수, 노선, 운행횟수, 배차간격, 첫차시각, 막차시각, 서비스 제공시간 등에 대한 정보를 수집함
  - 해당 지역 내 위치하는 버스정류소와 지하철역(지하철 존재 시)의 위치기반 정보를 수집함
  - 노선별 통과 정류소와 버스정류소 위치기반 정보를 바탕으로 개별 노선의 단위 운행구간의 거리를 산출하여 구축함
  - BMS Data(버스운행이력)는 BMS가 구축된 도시일 경우, BMS DB관리 센터로부터 BMS



- Data를 확보하고, 운수업체ID, 노선ID, 버스차량ID, 정류소ID 코드를 교통카드Data와 매칭함
- 노선별 개별 차량의 운행이력Data와 정류소별 차량 도착·출발 이력 Data를 구축함
- 교통카드Data(승객 승하차 위치·시각·차량·노선)는 교통카드 BMS DB관리사로부터 Data 협조 요청 후 Data를 확보하고, 운수업체ID, 노선ID, 버스차량ID, 정류소ID 코드를 BMS Data와 매칭함
- BMS Data와 교통카드 Data를 매칭하여 노선별·차량별 승하차(환승 승차 별도 구분) 시각 및 위치(거리 포함)를 산출함

## 7. 결론 및 정책제언

### 가. 연구결과

- 본 연구는 불충분한 교통량 자료를 활용하여 차량주행거리를 추정할 경우에 발생할 수 있는 오차발생원인을 규명하고, 각 원인이 자동차주행거리 추정 정확도에 미치는 영향정도를 정량화하여 효율적인 자동차주행거리 추정방안을 제시하였음
- 시범 대상도시인 부천시를 대상으로 차량주행거리 산정 시 오차발생원인을 차량주행거리 산정방법, 층 구분방법, 표본크기 및 단위구간 설정방법으로 설정하고 시나리오를 구성하여 민감도분석을 수행하였음. 분석결과를 요약하면 다음과 같음
  - 차량주행거리 산정방법별 민감도 분석결과, 공간통계기법을 이용한 회귀크리깅의 오차율이 2.5%~12.4%로 나타나 다른 추정방법보다 차량주행거리 산정정확도가 우수한 것으로 판단됨. 다만, 표본크기 30%이상에서는 HPMS 방법론 적용 시와 오차율 차이가 크지 않음
  - 층 구분방법에 따른 민감도 분석결과, AADT 그룹별 5개층 구분 시 보다 도로기능 3개층 구분 시 차량주행거리 산정이 좀 더 낮은 오차율을 나타냄
  - 전체적으로 표본 크기가 클수록 차량주행거리 산정오차율은 감소하였으며 모든 시나리오에서 표본크기 30%이상에서 오차율 6%이하로 나타남
  - 단위구간 설정방법은 신호교차로 기준과 도로기하구조 특성을 기준으로 구분하여 차량주행거리 추정 오차율을 분석하였으며, 단위구간 설정에 따른 자동차주행거리 추정 정확도는 큰 차이가 없는 것으로 나타남

- 차량주행거리 산정 시 추정된 교통량 자료를 기반으로 자동차부문 교통망성능평가 지표를 산출하였음
- 기존 연구문헌에서 제시된 지 Pool을 전문가 설문조사를 통해 평가하고 Data 확보 유무에 따라 지표를 최종 선정하였음
- 우리나라 도심부 교통량Data 확보의 어려움이 반영되어 선정된 지표들은 대부분 교통량 Data없이 산출 가능한 지표였으나, 본 연구에서는 부천시 교통량자료를 추정하여 교통량을 고려한 지표까지 산출하였음
- 자동차부문 교통망성능평가 지표 선정과 같은 방법으로 대중교통부문 교통망성능평가 지표를 선정하였으며, 부천시BMS Data를 활용하여 대중교통 교통망성능평가 지표를 산출하였음
- 또한 부천시 외 다른 도시에서 교통망성능평가 지표를 산출할 경우 Data 구축방안에 대해서 검토하였음

#### 나. 정책제언

- 본 연구는 교통망성능평가를 위한 기초 연구로서, 기존에 통행속도, 통행시간에 기반한 지표 외 차량이 교통망 내 실제로 주행한 거리인 ‘차량주행거리(VMT, Vehicle Miles Traveled 또는 VMT, Vehicle Kilometers Traveled)’를 산정하기 위해 교통량 부재 구간의 교통량을 추정하였음
- 향후 지역별 자동차주행거리를 추정을 위해서는 다음과 같은 연구가 추가적으로 수행될 필요가 있음
  - 첫째, 대상도시의 단위구간 설정을 위한 기초자료 구축이 필요함. 본 연구는 신호교차로 기준과 도로기하구조 특성을 기준으로 단위구간을 설정하여 자동차주행거리 추정 오차율을 분석함. 신호교차로의 경우, DB가 구축되어 있지 않은 관계로 주제도와 전자지도를 활용하여 자료를 구축하였음. 도로기하구조 특성의 경우, DB가 구축되어 있는 일부 기준을 활용하여 단위구간을 설정하였음. 효율적인 자동차주행거리를 추정하기 위해서는 교통량과 상관관계가 높은 기준에 대한 자료 구축이 선행될 필요가 있음
  - 둘째, 향후 전국 타 도시의 차량주행거리 추정을 위한 기초자료 구축이 필요함. 본 연구는 각 도시의 단위구간 수, 교통량 분포 및 구간별 교통량 등에 대한 자료 수집의 어려움으로 부천시의 사례를 적용한 한계가 있음. 도시규모별로 정확한 자동차주행거리를 추정하기 위

해서는 도시별 교통량 분포형태 및 변동계수, 도로등급 또는 기능별 구성비중, 도시별 단위 구간 연장 등과 같은 사항에 대한 추가적인 고려가 필요함

- 교통망성능평가를 위해서는 무엇보다 우선적으로 교통Data 수집 주체들 간의 자료 공유가 필수적임
- 도심부 도로의 교통량Data가 부족한 실정이므로, 분석 대상 도시의 교통량 추정을 위해서는 유사한 지역의 비교 검토를 위해 교통량이 확보된 도심부 도로 구간의 교통량에 대한 자료 공유가 필요함
- 도심부 도로의 혼잡에 대한 기준을 명확하게 내릴 수 있는 통행속도의 통계작성도 필요함. 예컨대, 영국에서는 정기적으로 통행속도 조사수집 결과를 바탕으로 도로 구간별 자유통행 속도 통계집을 발간하고 있는데, 우리나라에서도 도심부 도로의 자유통행속도에 대한 통계와 이를 바탕으로 혼잡기준에 대한 명확하고 일관성 있는 정의가 필요함

## 8. 지역간 총차량 주행거리 추정

### 가. 분석의 배경

- 교통혼잡으로 인한 경제적 손실이 매년 증가하고 있는 상황에서 시설 투자를 통한 교통문제 해결에는 한계가 발생하고 있으며 교통관리를 통한 비용 절감 필수적인 상황이 되었음
- 교통관리를 위해서는 교통상황에 대한 평가가 선행되어야 하지만 부족한 교통정보 및 평가 지표로 인해 교통상황에 대한 적절한 평가가 이루어지지 못하고 있으며, 정성적인 기준을 통한 평가와 전반적인 교통상황을 아우르지 못한 국지적인 평가를 통해 교통관리 및 통행체계 개선이 주로 시행되고 있음
- 교통체계에 대한 평가는 나타난 문제점을 통해 원인을 분석하고 원인에 대한 근본적인 해결책을 제시하기 위해서는 다양한 데이터를 통한 다각적인 관점의 원인 분석이 선행되어야 함
- 교통혼잡비용 절감을 위한 해결책의 일환으로 집행되었던 교통정보에 대한 투자와 IT 기술의 교통 분야 접목을 통해 다양한 기관에서 필수적인 교통정보들이 수집되고 있으나 수집된 정보가 기관별로 분산되어 저장, 활용되고 있어 데이터베이스에 대한 접근성이 떨어지고 융합분석을 통한 각 데이터 간의 분석 활용도의 증대가 이루어지고 있지 못하고 있음
- 수집되고 있는 데이터베이스의 규모와 수집 속도 또한 기하급수적으로 증가하고 있으며 방

대해진 데이터베이스를 분석하는 것은 단일 기관에서 개별적으로 수행하기 어려운 상황이다래하여 관리 비용의 한계로 인해 활용되지 못한 데이터들을 저장하지 못하고 있음

- 국가적인 비용을 투입하여 수집된 교통 데이터베이스의 활용도를 높이는 것은 국가적인 시책이 되었으며 「빅데이터를 활용한 스마트 정부 구현(안)」(2011. 11.2)을 통해 빅데이터 시대에 대한 준비가 필요함을 인식하고 있음

#### 나. 분석의 목적

- 데이터의 가치는 수집 및 저장에 있는 것이 아닌 이를 분석해서 얻어 낸 내재된 정보에 있는만큼 분석의 중요도가 높아져가고 있으며 데이터의 규모가 방대해 짐에 따라 분석의 난이도 역시 기존의 분석과 비교하여 어려워지고 있음
- KTDB에서는 여객기중점통행량 조사를 통해 구축되던 기중점 통행량 자료에 대한 신뢰도 증진에 노력해 왔으며 이러한 노력의 일환으로 구축된 기중점 통행량 데이터에 대한 다양한 검증방안을 모색하였음
- 이러한 검증 방안의 일환으로 교통카드(SmartCard) 사용실적 자료, 고속도로 요금정산 시스템(TCS)의 실적 자료 등은 추정치인 기중점 통행량 데이터의 모집단에 대한 정보를 정확히 제공해 줄 수 있다는 측면에서 활용도를 평가해 볼 필요성이 있음
- 교통관련 데이터들은 조사 특성에 따라 다양한 자료들(예 : 속도, 차량/통행인수, 통행시간 등)이 수집되고 있으나 1차적인 통계정보 제공의 목적을 달성한 이 후 통행의 특성을 파악하거나 현상에 대한 원인 고찰 등의 심도 깊은 추가 연구가 이루어지지 못하고 있음
- 기 입수 교통데이터 및 신규 입수 교통데이터들을 활용하여 교통데이터를 활용한 새로운 활용 방안과 평가지표, 교통통계를 생산해 내는 것은 많은 비용을 투입하여 생산한 교통데이터의 활용도를 증진시키고 교통분야에서의 빅데이터 활용 기술 향상에 기여를 할 수 있을 것으로 판단됨
- 네트워크 모니터링 분석은 기본적으로 교통정보를 수집하기 위한 추가적인 조사를 수행하지 않고 기존의 수집 자료를 활용하여 도심 내부 혹은 지역 간의 교통상황에 대한 통계자료, 평가지표를 생산하는 것을 기본 목표로 함

#### 다. 분석의 범위

- 시간적 범위 : 2013년에 수집 가능한 과거 자료를 포함한 교통 데이터베이스
- 공간적 범위 : 교통데이터의 수집 및 활용이 가능한 전국(고속국도 및 일반국도)

- 내용적 범위

- 교통 데이터베이스의 활용을 위한 시스템의 구축과 활용
- 수집, 정제, 분석, 평가의 과정을 통해 교통 데이터베이스의 활용도 증대
- 다양한 교통 데이터베이스의 활용 가능성 평가를 통한 분석 가능 자원의 확보

## 라. 분석의 배경

### 1) 총차량주행거리 추정을 위한 기초자료 설정

- 국가교통정보센터의 교통소통자료는 교통소통정보에 대한 데이터베이스와 각 교통소통정보의 특성 정보를 포함하고 있는 ITS 표준노드링크 체계로 구분할 수 있음
- 교통소통자료는 검지기에서 실시간으로 수집된 교통소통정보를 데이터베이스 형식으로 저장하고 있으며 ITS표준노드링크를 통해 해당 지점의 도로 및 지역 특성을 표현하고 있음

### 2) 총차량주행거리 추정을 위한 기초자료의 가공

#### ① 교통정보센터 소통정보의 전처리

- 교통정보센터의 교통량 자료는 기본적으로 실시간 공유를 전제로 하고 있기 때문에 데이터의 수집기관에서 1차적인 전처리 과정을 수행하였을지라도 오류가 남아 있을 가능성이 존재함
- 본 연구에서는 기존의 교통소통정보 전처리 과정을 참고하여 교통량 정보 활용에 적합한 데이터 품질관리 기준을 설정하여 적용하고자 함

&lt;표 12&gt; 본 연구의 데이터 전처리 기준

구분	오류 판단 기준	세부내용
Step 1	교통량 데이터의 존재 여부	전체 수집 데이터의 지점 교통량이 모두 0으로 구성된 경우 해당 데이터 제외
Step 2	연속 중복 데이터	속도와 교통량을 기준으로 연속된 데이터가 3회를 초과하여 반복될 경우 해당 반복 데이터 삭제
Step 3	논리 오류	교통량 데이터가 모두 0 또는 -1로 구성될 경우 부적합처리 점유율이 음수 혹은 100% 이상이면 부적합처리 속도가 음수 혹은 180Km/hr 보다 크면 부적합처리 (교통량 < 0 & 속도 = 0) 또는 (교통량 = 0 & 속도 < 0)에 해당하는 경우 교통량과 속도 및 점유율에 대하여 부적합처리
Step 4	중복 데이터 여부	데이터 생성 시간을 기준으로 중복인 경우 중복 데이터 삭제
Step 5	수집 데이터량	링크별 총 데이터 수가 5,256개/년 미만일 경우 부적합처리 삭제

&lt;표 13&gt; 데이터 품질 관리 기준 적용 결과

구분	오류 판단 기준	처리 후 데이터 수	원데이터 대비
원데이터	—	4,238,906,879	100.00%
Step1	교통량 데이터의 존재 여부	2,392,603,711	56.44%
Step2	연속 중복 데이터	1,645,115,168	38.81%
Step3	논리 오류	1,209,558,761	28.53%
Step4	중복 데이터 여부	1,136,888,752	26.82%
Step5	수집 데이터량	1,135,148,375	26.78%

## ② ITS 표준노드링크의 전처리

- ITS 표준노드링크는 방향별 차로수 정보가 0으로 기록되어 있는 링크가 다수 포함되어 있음
- 교통정보의 표출 측면에서는 차로수 자체가 큰 의미를 가지지 못하지만 본 연구에서는 차로수에 의한 구분을 통해 차량 통행량 자체가 큰 의미를 가지기 때문에 KTDB의 교통주제도 도로망도를 활용하여 차로수 정보를 매칭하여 적용하였음

## 마. 총차량주행거리 추정

- 총차량주행거리의 추정은 아래의 식을 적용

$$\text{총차량 주행거리} = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l AT_{ijkl} \times EF_{ijkl}$$

$AT$	: 평균 차량수
$EF$	: 확장 계수
$i$	: 시간 단위
$j$	: 지역
$k$	: 도로 관리 등급
$l$	: 차로수

– 도로기능구분의 확장 계수의 적용은 교통주제도 도로망도를 기준으로 하였으며 지역별, 도로 관리 등급별, 차로수별 총연장을 활용하였음

○ 구분된 도로 특성에 따른 도로 등급별 집계된 차량 주행거리 추정결과는 아래의 표와 같음

– 고속국도 총차량주행거리 추정 결과

<표 14> 고속국도 총차량주행거리 추정 결과

시도 구분	지역내 총 VKT (연평균 활용)	지역내 총 VKT (월평균 활용)	연평균 대비 월평균 비
서울특별시	38,366,692	1,992,311,924	1.007
부산광역시	6,980,434	252,684,632	1.444
대구광역시	27,334,089	1,422,576,827	1.005
인천광역시	53,853,802	2,796,752,992	1.007
광주광역시	4,097,070	206,324,342	1.038
대전광역시	11,735,092	609,326,139	1.007
울산광역시	4,487,635	234,201,216	1.002
경기도	281,920,448	14,708,056,586	1.002
강원도	12,326,432	657,294,530	0.981
충청북도	24,847,120	1,290,756,302	1.007
충청남도	30,197,845	1,565,462,887	1.009
전라북도	22,345,120	1,155,531,754	1.011
전라남도	12,463,910	646,301,127	1.008
경상북도	38,500,116	1,916,626,054	1.050
경상남도	45,292,972	2,375,174,313	0.997
총계	32,142,578,898	31,829,381,624	1.010

– 일반국도 총차량주행거리 추정 결과

&lt;표 15&gt; 일반국도 총차량주행거리 추정 결과

시도 구분	지역내 총 VKT (연평균 활용)	지역내 총 VKT (월평균 활용)	연평균 대비 월평균 비
부산광역시	17,847,415	964,693,569	1.034
대구광역시	3,587,923	0	0.000
광주광역시	13,386,992	700,834,848	1.001
대전광역시	69,269,660	3,565,273,838	0.984
울산광역시	31,641,878	1,712,441,857	1.035
경기도	961,198,633	50,198,163,674	0.999
강원도	47,314,399	2,605,564,241	1.053
충청북도	547,153,355	28,802,832,182	1.007
충청남도	654,573,361	34,795,089,971	1.017
전라북도	124,236,662	7,079,914,208	1.090
전라남도	169,429,837	4,140,644,417	0.467
경상북도	228,936,557	13,611,235,294	1.137
경상남도	86,815,316	4,731,867,549	1.042
총계	154,524,781,089	152,908,555,647	0.990

## 바. 총차량주행거리 추정결과 검증

- 타 기관 총차량주행거리와의 비교 결과
  - － 한국도로공사

&lt;표 16&gt; KTDB 총차량주행거리의 비교(한국도로공사)

구분	VKT_고속국도	한국도로공사 통계 대비
한국도로공사 VKT	147,756,119	－
연평균활용	87,821,254	59.44%
월평균활용	86,965,524	58.86%

- － 한국건설기술연구원

&lt;표 17&gt; KTDB 총차량주행거리의 비교(건기연, 고속국도)

구분	VKT_고속국도	한국건설기술연구원 통계 대비
한국건설기술연구원	176,682,000	－
연평균활용	87,821,254	49.71%
월평균활용	86,965,524	49.22%



&lt;표 18&gt; KTDB 총차량주행거리의 비교(건기연, 일반국도)

구분	VKT_일반국도	한국건설기술연구원 통계 대비
한국건설기술연구원	141,203,000	—
연평균활용	422,198,855	299.00%
월평균활용	417,782,939	295.87%

- 전반적으로 현재 KTDB 총차량주행거리 추정 결과의 신뢰도는 현재는 낮은 편으로 판단되며 이에 대한 개선이 향후 이루어져야 할 것임

#### 사. 결론 및 향후 과제

- 본 연구는 기수집되고 있는 국가교통정보센터의 속도 및 교통량 자료를 활용하여 2차적인 통계자료인 총차량주행거리를 추정하기 위한 기초 단계로 수행되었으며 총차량주행거리를 추정하기 위한 기초적인 작업 체계를 수립하는데 초점을 맞췄음
- 수집된 자료는 교통정보의 표출을 위해 수집된 자료로 재가공을 통해 부가적인 교통정보를 생산해 내기 위해 추가적인 자료 정제 작업을 시도하였으며 이를 통해 수집된 교통자료의 활용도를 높이고 활용 결과인 총차량주행거리의 신뢰도를 확보하기 위한 기초 작업 단계임
- 총차량주행거리 추정결과 도로의 등급별로만 도로를 구분하여 총차량주행거리를 추정하였을 경우 기존의 연구결과에 비해 도로의 등급별로 과대 혹은 과소한 결과를 추정한 것으로 나타나 향후 추정된 총차량주행거리의 정확도를 제고하기 위해 기초자료 단계의 자료 정제와 기본 속성 부여 등의 작업에 정밀도를 높이는 과정이 추가로 요구될 것으로 판단되며 총차량주행거리 추정 방법 역시 더욱 정밀하게 적용할 필요가 있을 것으로 판단됨



## 1부. 교통망성능평가(지역내 차량주행거리)



## 제1장 과업의 개요

---

제1절 과업의 배경 및 목적

제2절 과업의 범위 및 내용

제3절 과업의 성과 및 기대효과



## 제1장 과업의 개요

### 제1절 과업의 배경 및 목적

#### 1. 과업의 배경

- 사회가 복잡해지고 사람과 재화의 이동이 복잡·빈번해짐에 따라 교통혼잡으로 인한 문제점은 더욱 커지고 있으며, 특히 교통혼잡으로 인한 문제는 사회의 비효율과 불필요한 비용의 증가로 교통부문만의 문제를 넘어 사회적 문제 이슈로 부각되었음
- 1990년대 이전까지는 교통혼잡문제의 원인을 교통SOC의 부족으로 지적하며, 이를 보완하기 위한 교통SOC투자로 해결해왔음
- 이후 더욱 가중되는 차량 증가로 인해 교통SOC투자만으로는 문제 해결이 어려워졌으며, 이에 교통운영기법(정책)으로 교통혼잡을 해결하고자 하는 움직임이 시작되었음
- 교통운영기법 적용에는 교통Data가 필수적이나, 과거에는 인력식 조사방식에 의한 교통DB구축으로 시대변화에 따른 다양한 통행자 및 교통계획가의 니즈를 만족시키지 못하게 되었음
- 2000년대 이후 교통부문 IT 기술이 발달함에 따라 교통정책의 초점이 SOC건설보다는 교통운영쪽으로 변화하였고 교통시스템의 성능평가에 대한 관심이 매우 높아지고 있음
- 특히 교통정책이 투명화, 과학화됨에 따라 교통지표를 바탕으로 정책목표를 세우고, 정책 시행 후 모니터링을 통한 정책시행 평가 및 개선 필요성이 대두됨
- 미국의 경우, MAP-21(Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act)의 입법으로 Performance Based Planning이 강조되고 있음
  - Performance Based Planning이란 계획이나 정책 수립시 해당 정책을 가늠할 수 있는 교통지표를 설정하고, 이들 교통지표를 활용하여 정량적 목표 수립, 향후 평가 및 예산 분배까지 수행하는 것임
  - Performance Based Planning은 계획 수립부터 평가 및 예산재분배에 이르는 계획의 전반적인 과정에 정량적 지표를 활용하는 것이 핵심이며, 정책의 투명성을 제고할 수 있을 것으로 기대됨

- 우리나라는 IT선진국으로 일찍이 교통부문에 IT 기술을 도입하여 다양한 교통자료가 수집 기반을 갖추고 있음
  - 교통분야에서 가장 기본이 되는 데이터는 교통량, 속도, 그리고 차량이나 사람의 이동 궤적에 대한 데이터임
  - 우리나라는 단순한 통계 수치에서 개인과 가구의 통행정보를 기록한 가구통행실태조사, 개별 차량의 카 네비게이션의 이동궤적 정보에 이르기까지 다양한 자료가 존재함
- 우리나라는 뛰어난 교통IT기술과 다양한 정보원(Source)이 있음에도 불구하고, 활용 측면에서는 미흡한 실정임
  - 교통량 자료는 고속도로에서는 100% 수집 가능한 시스템이 구축되어 있으나, 국도(19%)와 도심부 도로(9.4%)는 구축 비율이 높지 않음(김찬성, 2013)
  - 속도 자료는 교통량 자료에 비하여 다소 풍부한 실정임. 일반국도는 대부분 영상검지기를 통해 수집되고, 지자체 관할 도로에서는 영상루프레이더 등 다양한 검지기를 통해 속도자료를 수집하고 있음
  - 그러나 속도 자료의 Source는 다양하고 풍부한 반면 이를 수집·분석하고 있는 자료는 국토교통부 국가교통정보센터의 속도자료와 일부 지자체<sup>1)</sup>만 있을뿐, 전반적으로 미흡한 실정임
  - 차량 궤적정보는 대부분 민간사업자가 구축한 자료이기 때문에 국가교통DB로 구축되는 데에는 한계가 있지만, KTDB에서는 자체 개발한 기술로 자료를 지속적으로 수집할 예정에 있음
- 상기한 교통 Data들이 양적으로나 잠재적 활용 가치는 풍부하나(Data rich), 아직까지 정책에 필요한 정보로, 가공된 결과(Information poor)로는 생성되지 못하고 있는 실정임
- 또한 교통시스템 성능평가의 또 다른 주요 지표인 차량주행거리(VMT, Vehicle Miles Traveled)는 현재 실제 차량이 주행한 자료를 기반으로 산정하는 것이 아니라, 자동차 검사 자료를 기반으로 산정하여, 지역별·도로유형별로 적용하기에는 어려움이 있음
  - 교통시스템 성능평가, 에너지소비량 산정 등을 위한 차량주행거리(Vehicle Miles Traveled)에 대한 중요성이 부각되고 있음
  - 차량주행거리는 도로를 이용하는 모든 차량들이 이동한 거리의 합으로 도로시스템에 대한 성능을 평가하고 차량의 배기가스 배출량 산정, 대기질 분석, 에너지 소비량 계산, 교통영향평가 등에 광범위하게 사용될 수 있는 지표임

1) KTDB는 2012년 부천시와 MOU를 체결하여 속도(소통)교통Data를 수집·분석할 수 있게 되었음.



- 차량주행거리의 산정의 중요성이 부각됨에 따라 이와 관련한 연구가 수행되고 있으나, 아직은 미흡한 실정임
  - KTDB는 2012년 경기도 과천시를 대상으로 차량주행거리를 추정하는 연구를 수행한 바 있으나, 과천시 대상 차량주행거리 추정 연구에서는 수집 가능 자료의 한계로 인하여 도로의 기능 및 유형별 구분이 고려되지 못하였음
  - 또한 과천시는 인구 10만명 이하의 도시로 해당 연구의 결과를 타 도시로 확장하는데에는 어려움이 있음
- 교통Data 수집·분석 및 교통망성능평가는 교통정책의 투명성을 제고하고, 예산의 효율적인 분배 및 활용에 필수적인 요소임
- 그러나 아직까지 우리나라는 교통Data 수집·공유·분석 및 교통망성능평가의 중요성에 반해, 필요성에 대한 인식이 낮은 수준임
  - 교통시설이 공급되면 수요가 발생하고, 그 수요의 성능이 평가되어야 하며 그 결과들이 체계화되어야 할 필요가 있으나, 현재 ITS DB 연계 부족으로 교통시스템 성능평가의 통계가 제대로 이루어지지 않고 있음
  - 교통자료의 통합화와 자료 간 연계 향상은 교통통계 생성 및 활용을 가능케하며, 이러한 교통통계는 다양한 교통정책 수립에 도움을 줄 수 있어, 중앙정부와 지자체에 모두 도움이 될 수 있음

## 2. 과업의 목적

- 본 연구는 불충분한 교통량 자료를 활용하여 차량주행거리를 추정하고, 기 구축되어 있는 교통 Data를 통해 개별 교통수단별 교통지표를 정의하고 지표산출방안을 제시하는 것을 목적으로 함
  - 도심부 교통Data 중 교통량에 대한 자료가 미흡하나, 본 연구에서는 불충분한 교통량 자료를 활용하여 자료가 확보되지 못한 지점의 교통량을 추정하는 방안을 제시함
  - 특히 대상도시인 경기도 부천시를 대상으로 교통량을 추정하고, 이를 바탕으로 차량주행거리 산정 방안을 제시함
  - 또한, 교통량 추정 결과를 활용하여 교통Data가 구축됨에 따라 산출 가능한 교통망성능평가 지표를 설정하고, 이들 지표의 산출 방안 제시 및 교통망성능평가 방안을 제시하고자 함
- 산출한 교통지표를 통해 대상 도시의 자동차/대중교통 교통망 성능평가를 실시하고 교통망의 문제점 진단 및 개선방안을 살펴봄으로써, 교통Data 수집에 따른 이점을 살펴봄
- 향후 광역도시로의 교통망성능평가 적용방안을 검토하고, 현재 자료수집의 한계를 검토하고자 함

## 제2절 과업의 범위 및 내용

### 1. 과업의 범위

- 본 연구의 공간적 범위는 경기도 부천시를 대상으로 함
  - 경기도 부천시는 ITS(Intelligent Transportation System)이 구축된 인구 100만명급 도시로, 2012년 KTDB와 MOU 체결을 함으로써 부천시 관할 도로에서 수집된 교통소통(속도) 자료 확보가 가능한 도시임
- 본 연구의 시간적 범위는 2012년 기준으로하며, 필요에 따라 가장 최신의 자료를 활용함
  - 2012년 1년간 수집된 부천시 교통DB(교통량, 속도 등)를 활용함
- 내용적 범위
  - 부천시 지역 내 자동차주행거리(VMT) 산정
  - 부천시 자동차부문 교통망성능평가지표개발과 성능평가
  - 부천시의 대중교통부문 교통망성능평가지표 개발과 성능평가(단, 대중교통은 부천시의 버스통행만을 대상으로 함)
  - 교통망성능평가 결과의 표출
  - 현재 자료체계의 한계, 차량주행거리 산정 및 교통망성능평가의 한계 검토
  - 타도시들에 확대 적용시 준비사항 및 고려사항 검토

### 2. 과업의 내용

- 차량주행거리 산정
  - 차량주행거리 산정 관련 기존 연구 고찰
  - 대상도시의 도로망, 대중교통망, 교통DB 수집체계 현황제시
  - 차량주행거리 산정 방법론 제시
  - 차량주행거리 산정결과를 기준으로 차량주행거리 민감도분석(차량주행거리 산정방법에 따른 차량주행거리 추정 민감도, 표본추출방법에 따른 차량주행거리 추정 민감도, 단위구간 설정방법에 따른 차량주행거리 추정 민감도)을 실시함

- 교통망성능평가지표 개발, 성능평가 및 결과 표출
  - 교통망성능평가 관련 기존 연구 고찰
  - 부천시 교통망성능평가지표 산출 및 성능평가를 위한 교통Data 구축
  - 부천시 자동차부문 교통망성능평가지표개발과 성능평가
  - 부천시 대중교통부문 교통망성능평가지표개발과 성능평가
  - 부천시 교통망성능평가지표 산출 결과 및 성능평가 결과 표출
- 현재 자료체계의 한계, 차량주행거리 산정 및 교통망성능평가의 한계 검토
  - 부천시에서 현재 수집중인 속도자료만으로 설명 가능한 교통망지표의 범위 및 한계 검토
  - 부천시에서 현재 수집중인 교통량만으로 설명 가능한 교통망지표의 범위 및 한계 검토
- 타도시들에 확대 적용시 준비사항 및 고려사항 검토
  - 인구 50~100만명 도시(대상도시와 유사한 인구규모의 도시)의 차량주행거리 산정 및 교통망성능평가를 위한 가이드라인 제시
  - 광역도시들에 확대 적용을 위한 정책 제언

### 제3절 과업의 성과 및 기대효과

#### 가. 과업의 성과

- 우리나라 현황에 적합한 차량주행거리산정 및 교통망성능평가
  - 국내외 기존 연구 고찰, 차량주행거리 통계 활용사례 및 교통망성능평가 지표 산출사례 검토를 통해 우리나라에 적합한 차량주행거리 산정 방안과 교통망성능평가 지표 선정
  - 국내 교통Data 적용가능성 검토, 차량주행거리 산정 및 교통망성능평가를 위한 교통Data 구축
- 효율적인 차량주행거리 산정 방안 제시
  - 차량주행거리 추정 오차발생 원인별 차량주행거리 결과 민감도 분석을 통해, 예산 제약 하에서 효율적인 차량주행거리 산정 방안(적정 Sample Rate) 제시
  - 대상도시의 차량주행거리 추정 및 교통망성능평가를 위한 추가 지점 선정
- 속도와 교통량Data를 모두 고려한 교통망성능평가 지표 산출

#### 나. 과업의 기대효과

- 교통량Data 부족시 효율적인 교통량 추정방안을 제시할 수 있음에 따라, 도시의 규모 및 예산 제약 하에서 효율적인 교통량 추정 방안을 검토할 수 있음
- 대상도시의 교통량 추정을 통해 교통시스템 성능평가, 차량의 배기가스 배출량 산정, 대기질 분석, 에너지 소비량 계산, 교통영향평가 등 광범위하게 사용할 수 있는 차량주행거리를 산정할 수 있고, 이를 도시별 비교할 수 있도록 함
- 도심내 속도 및 교통량Data 구축을 통해 기존에 교통량Data 부재로 산출이 불가능했던 교통망성능평가 지표를 산출할 수 있음
- 교통망성능평가 지표 산출을 통해 도시별 정량적 비교가 가능해지며, 이를 통해 중앙정부 및 지자체의 교통분야 예산 분배의 우선순위 검토, 나아가 교통정책의 투명성 제고에 기여될 수 있을 것으로 기대됨
- 차량주행거리 추정과 교통망성능평가의 한계를 검토함으로써, 교통Data 수집을 위해 우선적으로 선행되어야 할 과제를 제언할 수 있음



## 제2장 기존 연구문헌 고찰

---

제1절 차량주행거리 산정사례

제2절 차량주행거리 산정방법론

제3절 자동차부문 교통망성능평가 지표

제4절 대중교통부문 교통망성능평가 지표





## 제2장 기존 연구문헌 고찰

### 제1절 차량주행거리 산정사례

- 정확한 차량주행거리 산정을 위해서는 도로상에서 운행된 모든 차량들의 총 주행거리에 대한 정확한 정보수집이 가능해야 함
- 현재까지는 현실상 정보수집에 한계로 인해 다양한 방법을 통해 차량주행거리를 추정해 옴
- 동일한 도로일지라도 차량주행거리 산정 방법의 다양성으로 서로 다른 결과가 도출될 수 있으므로 정확한 추정치를 얻기 위한 방법론의 비교 검토가 필요함

#### 1. 산정방법론

- 차량주행거리 산정 방법은 크게 교통량에 기초한 산정방법과 그렇지 않은 방법으로 구분할 수 있음

##### 가. 교통량 자료에 기반한 산정방법(Traffic Count-Based Model)

- 차량이동에 대한 실적치로 현재 가장 선호하는 방법임
- 표본구역에 대하여 24시간 교통량으로 환산한 교통량을 기준으로 표본구역에 대한 일일 차량주행거리 추정치에 표본구역의 중심선 주행거리를 곱하여 산출하며, 이는 그해의 날짜수를 곱하여 연간으로 환산함
- 도로상의 모든 도로에 대해 교통량 수집이 가능하다면, 차량주행거리를 추정할 필요가 없으나, 대부분의 교통량 수집은 표본 추출에 의한 표본구역 자료를 통해 얻어짐
- 표본 추출(Sampling) 과정에서 도로의 기능별 구분 정도가 자동차 주행거리 산정결과에 영향을 미침

##### 나. 교통량에 기초하지 않은 산정방법(Non-Traffic Count-Based Model)

- 차량주행거리를 추정하는데 있어 비교통량 자료(연료판매, 가구크기, 가구수입, 인구, 운전면허자수, 고용자수, 통행발생행태(Trip-Making Behavior) 등의 사회경제적 자료를 활용함

- 비교통량 자료의 정기적인 수집을 위해서는 비용이 많이 들며, 기존에 수집된 자료에 업데이트하여 차량주행거리 추정에 사용되기도 하나 정확도가 낮음
- 교통량에 기초하지 않은 차량주행거리 추정치는 대상지역의 거주자와 비거주자 사이의 차량주행거리(VMT) 분포와 관련하여 문제점이 있을 수 있음
- 특정지역의 연료판매량에 기초한 차량주행거리 추정치의 경우 해당지역에서 판매된 연료가 모두 같은 지역에서 사용되지 않을 수 있다는 한계가 있음

## 2. 국내 차량주행거리 산정 사례

### 가. 자동차 주행거리 실태분석 연구(교통안전공단)

- 연구의 목적
  - － 우리나라 운행자동차의 용도별·차종별·연료별 주행거리 현황을 분석하여 교통사고통계, 국가간 교통사고율 산정 등 자동차 관련 교통정책 등을 위한 기초통계로 활용함
- 대상지역 및 차종
  - － 16개 광역시·도(서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산, 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주)를 대상지역으로 함
  - － 대상차종은 자동차관리법 및 자동차검사통합시스템(VIMS, Vehicle Inspection Management System)의 자동차등록마스터 자료를 이용 하여 구분함
- 산정 방법론
  - － 표본설계
    - 조사모집단 : 2010년도 현재 국토해양부에 등록중인 전체자동차
    - 표본선정 : 2010년 정기검사를 받은 자동차(VIMS), 편의표본으로 정의
    - ※ 조사자가 편의성만을 염두해두고 표집하였기 때문에 표본의 대표성이나 일반화를 도출하기 어렵지만, 조사 샘플이 랜덤하게 선택되어져 자료분석이 가능함
    - 조사대상 자동차 : 2010년 기준, 등록 자동차의 29.9%에 해당하는 5,258,317대
  - － 산출방법
    - 개별 자동차의 주행일수 계산은 최종 자동차정기검사 연·월·일에서 바로 전 정기검사 연·월·일 (또는 최종등록 연·월·일)을 뺀 일수로 하되, 윤달이 포함된 해에는 1일을 추가하여 계산함

$$\text{주행일수} = 365 \times (y_2 - y_1) + \frac{365}{12} \times (m_2 - m_1) + (d_2 - d_1)$$

여기서,

- $y_2$ : 최종 자동차 정기검사연도
- $y_1$ : 바로전 정기검사연도(또는 최초등록년도)
- $m_2$ : 최종 정기검사월
- $m_1$ : 바로전 정기검사 월(또는 최초등록 월)
- $d_2$ : 최종 정기검사일
- $d_1$ : 정기검사일(또는 최초등록일)

- 조사된 개별표본의 총 주행거리를 주행일수로 나눈 값들을 합산하여 표본수로 나누어 1일 평균 주행거리(DVMT)를 산출함
- 연평균 주행거리는 평균 주행거리에 연간일수(365일)를 곱하여 산정하고, 월 평균 주행거리는 연평균 주행거리를 월수(12)로 나누어 산정함

#### ○ 방법론의 장점 및 단점

- 장점
  - 실제 자동차의 운행기록 자료를 기반으로 산출하므로 총량적인 수치는 의미가 있음
- 단점
  - 차량 등록지와 실제 운행지가 다를 경우, 지역별 차량주행거리는 실제와 차이가 남
  - 출고 후 4년 미만의 신차는 통계 작성시 누락됨

### 나. 도로교통량 통계연보한국건설기술연구원

#### ○ 연구의 목적

- 고속국도, 일반국도, 국가지원지방도, 지방도의 교통량을 조사하여 도로의 계획과 건설, 유지관리 및 도로행정에 필요한 기본 자료와 각종 연구에 필요한 기초자료를 제공하고자 함

#### ○ 대상지점 및 차종

- 대상지점은 2011년 기준 고속국도 483지점, 일반국도 1,587지점(상시조사 484지점, 수시조사 1,103지점), 국가지원지방도 339지점, 지방도 1,144지점임
- 대상차종은 승용차, 버스, 화물차로 구분하며 세부적으로는 12개 차종으로 구분됨

## ○ 산정방법 및 항목

### － 구간 선정

- 지방도 이상의 도로와 교차하여 교통류의 변화가 생기는 구간을 소구간으로 설정한 후, 교통류의 변화가 크게 일어나는 고속국도, 일반국도와의 교차로 인하여 교통류의 변화가 크게 일어나는 두 분기점 사이의 소구간들을 병합하여 대구간으로 설정함
- 소구간(segment) : 지방도 이상의 교차로간의 구간(단, 교통량이 많은 시군도 포함), 위락 시설 및 휴양지를 통과하는 일반국도로 교통 흐름의 변화가 매우 심한 지점의 구간
- 대구간(section) : 일반국도 이상의 교차로 구간(단, 교통량이 매우 많은 지방도와의 교차 구간 포함하고, 시, 읍 구간을 통과할 경우 도시부 내의 구간은 제외함)

### － 산정방법

- 도로등급별 주행거리 =  $\sum(\text{도로등급별 해당구간의 평균 일 교통량} \times \text{해당구간 연장})$

$$\text{여기서, 구간의 평균 일 교통량(ADT)} = \frac{\text{해당구간의 총 교통량}}{\text{해당구간의 총 조사일수}}$$

### － 산정항목

- 차종별 주행거리(천대·km) 및 연도별 추이
- 도로등급(고속국도, 일반국도, 지방도)별 차종별 주행거리(천대·km) 및 연도별 추이

## ○ 방법론의 장점 및 단점

### － 장점

- 교통량 조사 자료 및 조사 지점간 거리 자료를 바탕으로 주행거리를 산정하므로 비용대비 효과적이며 계산도 용이함

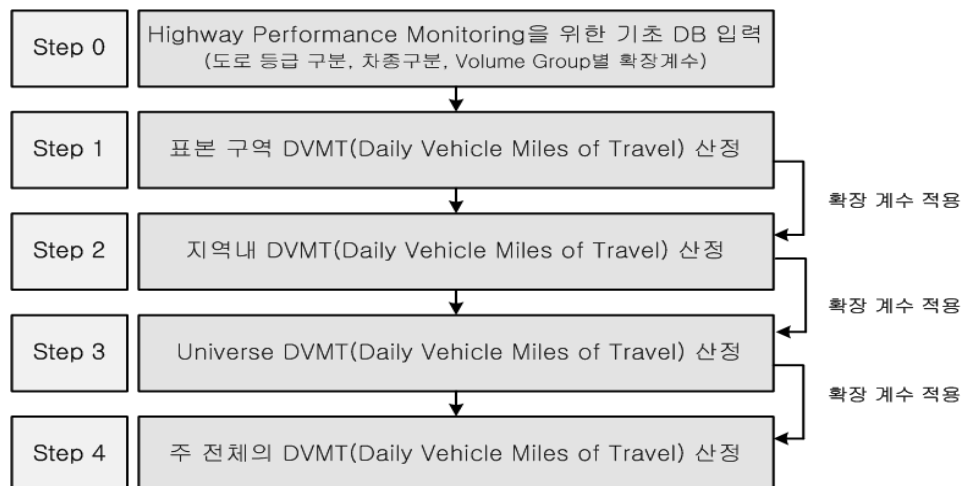
### － 단점

- 도시부에 해당되는 차량주행거리(VMT)의 산정이 불가함
- 지방도의 교통량 조사는 수시조사지점이 대부분일 뿐만 아니라, 교통량 수집 구간간 거리도 길어 교통량 수집 지점간 교통량 변화가 없다고 가정하기 어려움
- 도로관리체계 기준으로 주행거리를 산정하므로 도로의 기능을 고려한 차량주행거리 산정이 어려움

### 3. 국외 차량주행거리 산정 사례

#### 가. HPMS(Highway Performance Monitoring System) 방법론

- 연구의 개요
  - HPMS는 모든 일반적인 도로 주행거리의 전국적인 목록 시스템임
  - 1978년에 미연방도로국(FHWA)에 의해 시행되었으며, 그 이후로 주도로국(SHAs)들이 연방도로국에 제출할 연간 보고서를 준비하는데 사용됨
  - 중요한 도로 문제나 새로운 입법 권한이나 규정에 대응하여 정기적으로 재검토됨
  - 도로포장이 중요하다고 했을 때, HPMS DB는 개선된 포장관련 자료를 제공하기 위해 더욱 강화됨
- 차량주행거리(VMT) 산정방법
  - 미국의 HPMS에서 사용하는 차량주행거리 산정방법은 다음 그림과 같이 4단계로 구분할 수 있음



<그림 2-1> HPMS의 VMT 산정 절차

- 도로 현황 모니터링을 위한 기초 DB를 바탕으로 표본 구역내에서의 연평균일교통량(AADT: Annual Average Daily Traffic)와 도로 중심선 길이를 이용하여 DVMT(Daily Vehicle Miles of Travel)을 구하고, 확장계수를 이용하여 이것을 지역내 DVMT를, 지역내에서 Universe의 DVMT를, 다시 주 전체 DVMT를 계산하여 연간 VMT를 계산하고 있음

- 확장계수는 전체지역으로 확장하고, 각 기능상의 종류나 지리상의 지역을 나타내는데 있어 VMT 추정치와 표본구역 자료를 변형시키거나 추론하는 역할을 함
- 확장계수(Expansion Factors : EF)는 표본 구역 데이터를 면적단위 차량주행거리(VMT) 추정치로 변환하거나 추론할 때 사용함
- 확장계수(Expansion Factors : EF)는 다음과 같은 수식으로 계산함

$$EF = \frac{TMVG}{TMSSVG}$$

- EF : 확장계수(expansion factor for the group sampled in a functional class)
- TMVG : 표본 VG(Volume Group)에서의 총 주행거리(total mileage in Volume group sampled in functional class)
- TMSSVG : VG(Volume Group)내 표본 구역에서의 총 주행거리(total mileage in sample sections in volume group)

- 주단위로 확장된 VMT 추정치는 다음과 같은 수식으로 계산함

$$DVMT_s = \sum_i \sum_j \sum_k DVMT_{ijk} \times EF_{ij}$$

- $DVMT_s$  : 주전체의 VMT 추정치(statewide VMT estimate for functional class j)
- $DVMT_{ijk}$  : 기능상의 종류 j의 그룹 i 내의 표본 구역 k에 대한 VMT(VMT for sample section k in group i of functional class j)
- $EF_{ij}$  : 기능상의 종류 j의 그룹 i에 대한 확장계수(Expansion Factor for group i in functional class j)

- DVMT 단위는 천단위로 일일 주행거리이고,  $DVMT_s$ (주전체의 VMT 추정치)는 각 도로 기능상의 종류별로 지방(Rural), 작은 도시(Small urbanized), 도시화된 지역(Urbanized)에 대해 구분하여 추정함

- 방법론의 장점 및 단점

- 장점
  - HPMS는 일부도로 및 중심선 주행거리에 대한 차량 이동 실측치를 사용함
  - 거주자와 비거주자의 차량주행거리(VMT) 배분, 연구 대상구역 안과 밖을 통행하는데 있어 발생할 수 있는 문제점 해결이 가능함
  - 주립도로국, 지방정부, 대도시 기관들은 1978년에 처음 시행된 이후로 HPMS의 사용과 연관되어있어 DB 운영 관련하여 과정 등이 유사함

– 단점

- VMT 추정을 위한 HPMS 입력데이터의 한계가 있음
- VMT 추정을 위한 HPMS 입력데이터에는 교통량 측정치와 주(state)내부에 모든 도로에 대한 중심선 주행거리를 포함하고 있음
- HPMS는 사실상 지선도로(local road)에 대한 고려 없이 설계되어 지선도로에 대한 차량 주행거리(VMT)는 다른 합리적인 방법론에 따라 계산되어야 함

#### 나. INDOT(Indiana Department of Transportation) 방법론

○ 연구의 목적

- INDOT에서는 HPMS 방법과 같이 교통량 측정 기반이고, HPMS 매뉴얼에서 제시된 방법론을 따르고 있으나, 교통량 수집 지점을 확대하여 교통량 수집의 정확도를 높이하고자 함

○ 차량주행거리(VMT) 산정방법

- 표본구역의 자동차 주행거리(VMT) 추정치는 해당 표본구역의 연평균 일 교통량(AADT)에 해당구역의 길이를 곱하여 계산함
- 계산된 표본구역에 대한 자동차 주행거리(VMT) 추정치는 전체 지역이나 지방, 작은도시, 도시화된 지역으로 확장하여 나타내기 위해 확장계수(expansion factor)를 곱하여 변형시킴
- 확장계수는 HPMS 방법과 동일한 방식으로 계산함

○ 방법론의 장점 및 단점

– 장점

- INDOT 방법론은 사용하는데 있어 매우 유연함
- 자동차 주행거리(VMT) 추정치는 필요한 교통 자료가 이용 가능하고 대상구역 내에 경계라든지 도로망이 잘 구축되어있다면 어떤 대상구역에서도 일반화가 가능함

– 단점

- 일부 도로 종류에 대한 불충분한 교통 자료에서 오는 한계 및 오류
- 교통량 자료가 불충분한 일부 도로(minor collectors, urban collectors, local roads)에 대해서는 이용이 불가능하다는 점임

#### 다. 기타 방법론

- 연료 판매량(Fuel Sales)에 기초한 방법론
- 주행기록계 기록(odometer recordings)에 기초한 방법론
- 가구 및 운전자 조사(Household and Driver Survey)에 기초한 방법론
- Highway/Transit network models 방법론
- EPA(U.S. Environmental Protection Agency) 방법론
- Highway/Transit Network를 이용한 교통수요모형 방법론



#### 4. 국내 / 국외 차량주행거리 산정방법 비교

<표 2-1> 국내외 차량주행거리 추정방법론 비교

구분		산정 방법	장점	단점
교통량 기반	한국교통연구원	-차량검지기 교통량 자료, 현장조사 및 교통수요모 형을 활용하여 지내 차량 주행거리 산정	-도시부 차량주행거리 산정 -교통량 자료에 기반한 산 정방법으로 현재 가장 선 호하는 방법	-기초 DB 구축에 많은 시간과 비용이 소요 -ITS 구축된 도시에 적용 가능 -차종 구분을 위한 조사 필요
	한국건설 기술연구원	-관측교통량 기반 지역간 주행거리 산출	-비용대비 효과 좋음 -계산 용이	-도시부 산정불가 -도로기능 고려불가
	HPMS	-표본구역의 $\Sigma(\text{AADT} \times \text{도로 중심선 길이})$ 를 주전 체로 확장하는 방법 사용	-FHWA의 traffic monitoring guide 에서 제시하는 표준화된 통계적 원리에 따라 교통 량 수집 및 관리로 비용 효과적임	-모든 기능의 도로를 포 함하지 않음 -지선도로(local road)가 표본대상에 포함되지 않 음
	INDOT	-HPMS와 동일 방법	-교통량 수집 지점이 HPMS 방법에 비해 월등히 많음	-일부 기능상의 도로 종 류에 대한 불충분한 교 통 자료에서 오는 한계 및 오류
연료판매량 기반		-가솔린과 디젤 연료의 소 매 판매량 및 단위가격, 연료효율 등에 기초함	-간단하고 대략적인 추정 및 기초연구에 활용 가능	-연료효율 수치의 직접적 인 측정 불가 -기타 연료 사용차량에 대 한 미고려
주행기록계 기반 (교통안전공단)		-각 차량에 장착된 주행거 리 기록계의 거리 합	-모든 차량에 대한 주행기 록계 자료가 있다면 가장 정확한 방법	-표기 및 주행기록계 변경 등에 따른 오류 발생 -비용문제로 인한 전수조 사 가능성이 낮음
가구 및 운전자조사 기반		-NTPS 데이터를 이용하여 VMT 산정	-조금 더 안정적이고 정확 한 VMT 추정 가능	-응답자의 기록 변동에 의한 VMT 추정치 정확 도가 달라짐
Highway/Transit Network Model		-도로네트워크를 이용하여 교통량 예측을 통한 자동 차 주행거리 산정	-실제 교통량 자료를 활용 할 경우 비교적 정확한 자동차 주행거리 산정 가 능	-구역별 통행 발생량 예 측 정확도에 따라 변화 -간략화된 노드와 링크로 구성될 경우, 산정결과에 영향

## 제2절 차량주행거리 산정방법론

### 1. 차량주행거리 추정 오차발생 원인

#### 가. Review of Methods for Estimating Vehicle Miles Traveled (Robert K. Kumapley and Jon D. Fricker, 2007)

##### ○ 목적

- 본 연구는 Traffic Count-based 방법과 Non-Traffic Count 방법에 대한 방법론 소개 및 한계점을 제시하고 있음

##### ○ 주요내용

- 본 연구에서 제시한 Traffic Count-based 방법의 차량주행거리 추정 오차발생 원인은 다음과 같음
  - 교통류 특성을 고려하지 않은 계층구분(도로의 기능별 분류 오류)
  - 불충분한 교통량 조사자료(Sampling Rate)
  - 교통량 조사를 위한 구간선택의 편중(Sampling Bias)

##### ○ 시사점

- 차량주행거리 추정의 오차는 대부분 표본추출 과정의 오류에서 발생함
- 계층화, 표본크기 결정 및 조사구간 결정 등 논리적인 표본추출 계획 수립이 필요함
- 본 연구는 차량주행거리 추정의 오차발생 원인을 제시하고 있지만, 구체적인 해결방안은 제시하지 않음
  - 표본추출 과정별로 오차율을 분석하여 차량주행거리 추정치의 정확도를 높이기 위한 방안을 제시할 필요가 있음

#### 나. Estimates of AADT: Quantifying the Uncertainty (Gadda et al., 2007)

##### ○ 목적

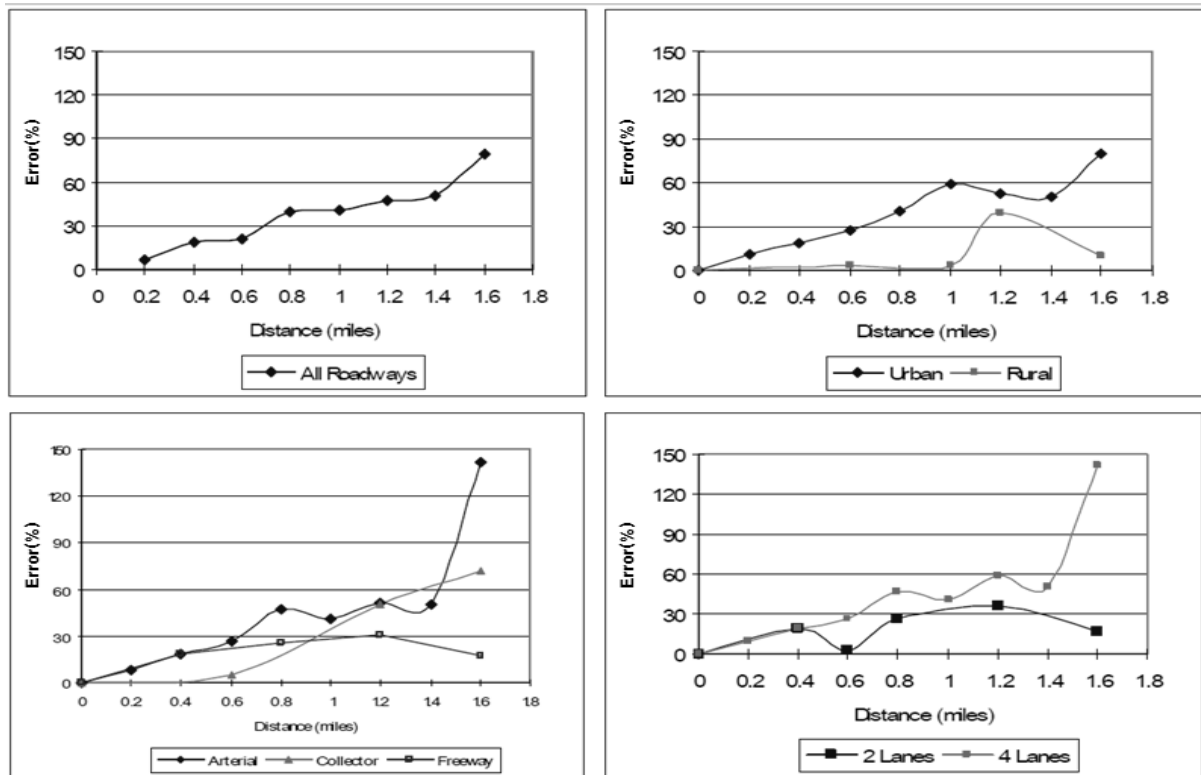
- 본 연구는 AADT 추정의 오차발생 원인을 규명하고 정량화하여 제시함

##### ○ 주요내용

- 본 연구에서 제시한 AADT 추정의 오차발생 원인은 Factor(일변동계수, 월변동계수) 산정 오류, 시·공간적인 오류 등이 있음
- 본 연구는 AADT 추정 오차발생 원인별로 시나리오를 설정하여 AADT 추정 오차율을 분석함. 세부분석내용은 <표 2-2>와 같음

<표 2-2> AADT 추정 오차발생 원인별 분석내용

구분	내용	시나리오 설정
Factor 산정오류	- Factor(일변동계수, 월변동계수) 산정 을 위한 그룹구성 오류	- Area Type에 따른 분류 - 도로등급에 따른 분류 - 차로수에 따른 분류
		- 이상적인 상태(개별구간) - 적절한 그룹구성 - 그룹구성 오류발생
시간적 오류	- 일주일, 한달 등의 교통량 자료를 활 용하여 AADT를 산정할 경우 발생하 는 오류	- 요일별, 월별 교통량자료를 활용하여 AADT 추정후 오차율 비교(회귀분석 후 beta 값 비교)
공간적 오류	- 인접구간의 교통량 자료를 활용하여 AADT를 산정할 경우 발생하는 오류 (단위구간 선정 문제)	- 대표구간의 Coverage(거리기준)별 오 차율 비교
기타 (Multi-day Sampling)	- 24시간, 48시간, 72시간 자료를 활용하여 AADT 추정 후 오차율 비교분석	



<그림 2-2> 대표구간의 Coverage에 따른 오차율 분석결과

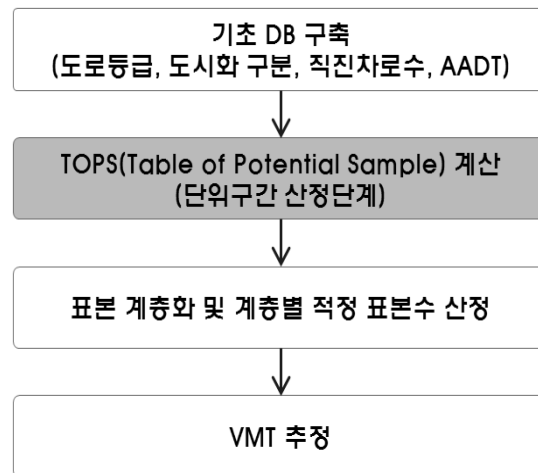
○ 시사점

- 검지기 자료(검지기의 정확도는 100%로 가정)를 활용할 경우, AADT 추정의 오차는 대부분 공간적 오류(단위구간 선정)에 의해서 발생할 것으로 판단됨
- 적절한 단위구간 선정기준 마련이 필요함
- 본 연구는 애매한 시나리오 설정으로 인하여 AADT 추정의 정확도를 높이기 위한 논리적인 방안을 제시하지 못함

## 2. 단위구간 설정 방법론

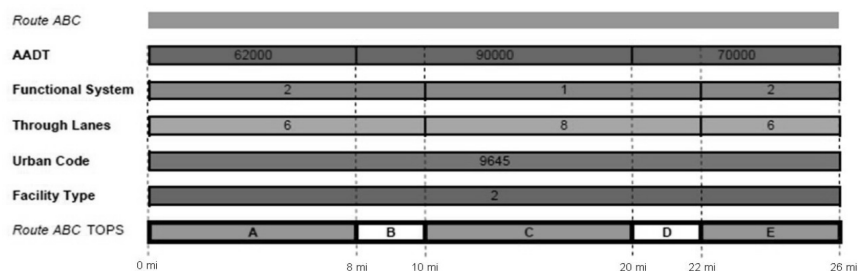
### 가. HPMS Field Manual\_Ch.6 Sampling(FHWA, 2012)

- 목적
  - 본 연구는 HPMS에서 차량주행거리 등을 추정하기 위한 Sampling 과정을 제시함
- 주요내용
  - 본 연구에서 제시한 차량주행거리 추정 프로세스는 <그림 2-3>과 같음
    - 설정된 단위구간의 수는 표본크기를 결정하는 주요 변수로 활용됨



<그림 2-3> Sampling 과정

- 본 연구에서 단위구간(TOPS, 동질한 특성을 갖는 구간)은 AADT, 도로등급, 도시화구분, 직진차로수, Facility Type을 기준으로 설정함. 단위구간 설정예시는 <그림 2-4>와 같음
  - 5가지 기준을 모두 충족하는 구간을 단위구간으로 설정함



<그림 2-4> 단위구간 설정 예시

○ 시사점

- 교통류 및 도로의 기하구조 특성 등을 고려한 단계적인 단위구간 설정방법론을 제시함. 단, 단위구간 설정결과의 적절성을 검증하지 못함
- 단위구간 설정결과의 적절성 검토를 위한 평가지표 설정(AADT 및 차량주행거리 추정 오차율 등)이 필요함

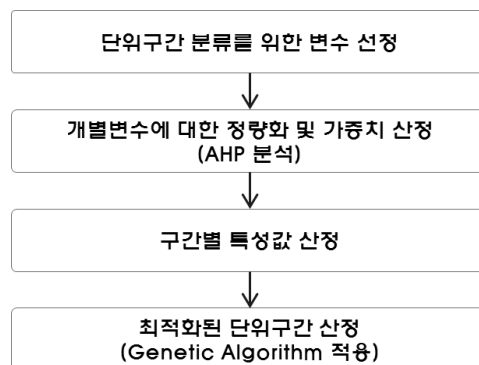
나. 일반국도 교통조사를 위한 동질성 구간 분류기법 연구(임성한, 2005)

○ 목적

- 본 연구는 유전자 알고리즘을 적용하여 일반국도의 교통량 조사를 위한 단위구간을 설정함

○ 주요내용

- 본 연구는 구간별 교통류특성을 나타내는 변수를 활용하여 Genetic Algorithm 적용을 위한 구간별 특성값을 산정함. 본 연구에서 제시한 단위구간 설정과정은 <그림 2-5>와 같음



<그림 2-5> 단위구간 분류과정

- 구간별 특성값 산정을 위한 변수는 AADT, VKT 첨두시간교통량, 도시부 유출입 구간, Volume(pcu), 방향별 교통량, 중차량비, 속도, 밀도, V/C로 선정하였음

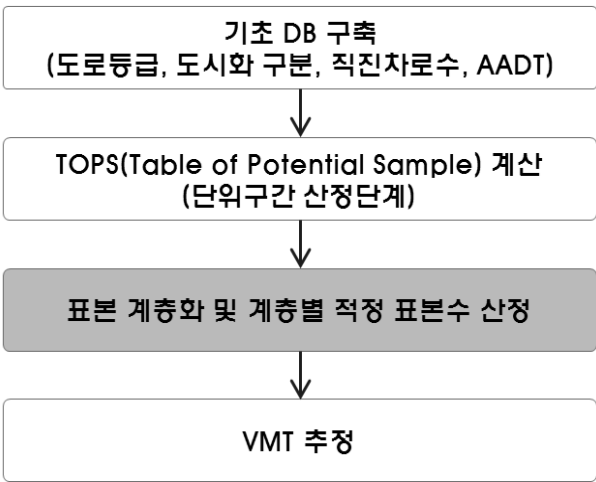
○ 시사점

- 본 연구는 다양한 변수를 고려하여 단위구간을 설정하였지만, 일부변수(예, AADT와 VKT)는 특성이 유사하여 산정된 특성값이 왜곡될 우려가 있음
- 도로구간별 특성을 대표할 수 있는 변수선정 방안을 모색할 필요가 있음
- 또한 본 연구는 단위구간 설정결과의 적절성을 검증하지 못함

3. 표본크기 결정 및 표본추출 방법론

가. HPMS Field Manual\_Ch.6 Sampling(FHWA, 2012)

- 목적
  - 본 연구는 HPMS에서 차량주행거리 등을 추정하기 위한 표본추출 과정을 제시함
- 주요내용
  - 본 연구에서 제시한 차량주행거리 추정 프로세스는 <그림 2-6>과 같음



<그림 2-6> HPMS의 Sampling 과정

- 본 연구는 도로기능별로 AADT 범위에 따라 12개의 표본그룹을 설정함

<표 2-3> AADT 범위에 따른 Volume Group

Volume Group	AADT Ranges(대/일)	Volume Group	AADT Ranges(대/일)
1	500 이하	7	35,000–54,999
2	500–1,999	8	55,000–84,999
3	2,000–4,999	9	85,000–124,999
4	5,000–9,999	10	125,000–174,999
5	10,000–19,999	11	175,000–249,999
6	20,000–34,999	12	250,000 이상

- 표본크기 결정식은 다음과 같으며, 다음과 같은 3가지 주요요소에 따라 표본수가 결정됨
- 표본그룹 내 AADT의 Variation
- Confidence intervals 및 Precision level
- 표본그룹 내 가능한 TOPS 개수

$$n = \frac{\left(\frac{Z^2 C^2}{d^2}\right)}{1 + \left(\frac{1}{N}\right)\left(\left(\frac{Z^2 C^2}{d^2}\right) - 1\right)}$$

여기서,  $n$  = 표본크기

$Z$  = 표본정규분포 통계값

$C$  = 해당지역 교통량의 Coefficient of Variation

$d$  = precision level

$N$  = 단위링크 수

○ 시사점

- 표본수는 도로네트워크 특성에 따라 전수조사에 가까운 조사를 수반해야 하는 문제점이 발생함
- 표본그룹 내 교통량의 변동계수(Coefficient of Variation)이 클 경우
- 표본그룹 내 선정된 단위구간의 개수가 적을 경우

<표 2-4> 표본그룹별 표본크기 결정결과(예시)

구분		Z	C	d	N	$\left(\frac{Z^2 C^2}{d^2}\right)$	$1 + \left(\frac{1}{N}\right)\left(\left(\frac{Z^2 C^2}{d^2}\right) - 1\right)$	표본수
시나리오 1		1.64	0.61	0.1	30	100.08	4.30	23
시나리오 2	단위구간 수 차이		0.61		300	101.25	1.33	76
	변동계수 차이		0.39		300	40.82	1.13	36



#### 나. Random Count Site Selection Process for Statistically Valid Estimations of Local Street Vehicle Miles Traveled(Frawley, 2007)

##### ○ 목적

- 본 연구는 Local Street의 차량주행거리 추정 정확도를 높이기 위한 교통량 조사지점 선정 과정을 제시함

##### ○ 주요내용

- 교통량 조사지점은 임의 표본추출(Random Sampling)방법을 적용하여 선정함. 적정 교통량 조사지점수는 표준오차(Standard Error)를 기준으로 산정함. 본 연구의 교통량 조사지점 선정과정은 다음과 같음
  - 1단계: 격자(Grid)를 Hard Copy Map에 Overlay함
  - 2단계: 각각의 격자에는 순차적으로 고유번호를 부여함
  - 3단계: 상대적인 범위(Relative Range)의 난수를 생성함
  - 4단계: 격자셀이 Local Street를 포함하면, 교통량 조사지점으로 지도에 표시함
  - 5단계: 포함하지 않으면, 새로운 난수를 생성하여 4단계를 재수행함
  - 6단계: 적정 교통량 조사지점수를 만족할 때까지 반복함
- 본 연구는 도시유형별로 구분하여 차량주행거리 추정을 위한 적정 교통량 조사지점수를 제시함

<표 2-5> 도시유형별 교통량 조사지점수 산정 결과

구분	인구수	교통량 조사지점수
Rural Incorporated(Unincorporated)	5,000명 미만	40곳
Small Urban	5,000명 이상 ~49,999명 미만	40곳
Small Urbanized	50,000명 이상 ~199,999명 미만	65곳(최소 50곳)
Large Urbanized	200,000명 이상	175곳(최소 150곳)

○ 시사점

- 교통량 조사지점은 임의 표본추출(Random Sampling)방법을 적용하여 교통량 조사지점을 선정함
- 교통량 조사지점을 선정하는 방법으로 임의 표본추출(Random Sampling)방법을 고려해 볼 필요가 있음
- 차량주행거리 추정을 위한 적정 교통량 조사지점수는 표준오차(Standard Error)를 평가지표로 설정하여 제시함
- 교통량 조사지점수에 따른 차량주행거리 추정치의 오차율을 검증하지 못함

#### 4. 교통량 추정 방법론

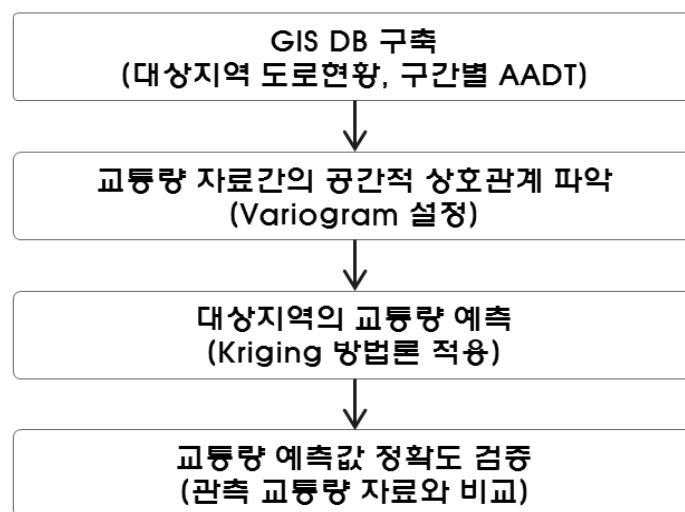
##### 가. 공간통계기법을 이용한 도시 교통량 예측의 정확성 향상(김호용, 2010)

###### ○ 목적

- 본 연구는 공간통계기법을 활용하여 교통량 추정의 정확도를 향상시키는 방법론을 제시함

###### ○ 주요내용

- 본 연구는 수집된 교통량 자료간의 공간적 상호관계와 연속성을 파악하기 위하여 Variogram을 설정하였으며, 공간통계기법인 Kriging을 적용하여 교통량을 추정함. 본 연구의 구성은 <그림 2-7>과 같음
- 또한 본 연구는 교통량 추정의 정확도를 높이기 위하여 2가지 방법을 추가 적용함
  - 교통량 데이터의 특성을 고려한 이방성 Variogram(방향에 따른 영향력 판단) 적용하여 교통량 추정
  - 공동 Kriging(주변수: 같은 위계에 속하는 각각의 고속도로, 2차변수: 전체 고속도로)을 활용하여 교통량 추정



<그림 2-7> 교통량 추정과정

- 본 연구에서 적용한 Variogram은 일정한 거리에 있는 데이터들의 유사성을 나타내는 척도이며, 일정거리 h만큼 떨어진 두 데이터간의 차이를 제공한 것의 기댓값을 의미함
- 동일한 위치에 있는 표본지점 간에 존재하는 분산값 제시(Nugget)

- 공간적 자기상관성이 나타나지 않는 한계지점 제시(Sill)
- 한계지점까지의 수평거리로, 표본지점들간 공간적 의존성이 나타나는 범위값(Range)
- Kriging은 오차분석을 최소로 하는 가중치를 구하여 주위의 알려진 값들의 선형조합으로 미지의 값을 추정하는 기법임. Kriging 기법을 적용하기 위한 최소 Sample Size는 10개임
- 시사점
  - 단순 Kriging 대비, 이방성 적용 Kriging과 공동 Kriging을 적용한 교통량 추정치의 정확도가 높은 것으로 나타남

#### 나. Spatial Prediction Of AADT In Unmeasured Locations By Universal Kriging(Selby and Kockelman 2011)

- 목적
  - 본 연구는 공간통계기법(범용 Kriging, Semivariogram)을 활용하여 AADT를 추정함
  - 범용 Kriging은 두가지 이상 여러 변수의 조합을 다항함수로 표현하여 알려지지 않은 지점의 값을 추정하는 기법임
- 주요내용
  - 본 연구는 Speed Limit 등의 변수를 설정하여 AADT를 추정하였으며, Variogram 모델 유형별, 적용한 거리산정 기준별로 구분하여 추정된 AADT의 정확도를 검증하였음

<표 2-6> 본 연구의 세부내용

구분	내용	비고
변수설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AADT(Vehs/day)</li> <li>- Speed Limit(mph)</li> <li>- Lanes(number)</li> <li>- Person/Acre</li> <li>- Jobs/Sq Mile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전체 자료수집 지점수 = 10,978</li> </ul>
Variogram 모델 유형	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gaussian</li> <li>- Spherical</li> <li>- Exponential</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 거리와 관측자료의 분산간의 관계를 설명하는 통계적 분포에 따른 구분</li> </ul>
Semivariogram 파라미터 추정방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weighted Least-Squares(WLS)</li> </ul>	-
거리산정 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Euclidean distance</li> <li>- Network distance</li> </ul>	-

- 본 연구에서 제시한 방법론을 적용하여 추정한 AADT의 검증결과는 <표 2-7>과 같음
- Kriging 기법을 적용한 결과가 기존 방법론(FGLS) 방법론보다 상대적으로 정확도가 높은 것으로 나타남

&lt;표 2-7&gt; AADT 추정치 검증결과

		Austin Region	Houston Region	Houston Region, NO IS	Minor Roads	Interstates	Urban Roads
Network	MSE	2.62E+08	3.97E+08	2.66E+08	5.97E+07	2.84E+08	3.68E+08
	Avg abs err	53.9%	62.5%	63.7%	60.4%	19.4%	62.4%
	Median err	-2.8%	5.6%	5.2%	1.5%	-4.6%	-3.1%
	Best Model	Spherical	Exponential	Exponential	Exponential	Exponential	Spherical
Euclidean	MSE	2.72E+08	4.12E+08	2.71E+08	6.6E+07	3.24E+08	4.11E+08
	Avg abs err	54.4%	62.6%	63.6%	59.0%	20.3%	62.2%
	Median err	-3.6%	5.1%	4.5%	1.3%	-2.7%	-2.8%
	Best Model	Spherical	Exponential	Exponential	Exponential	Exponential	Exponential
FGLS	MSE	4.20E+08	7.98E+08	6.79E+08	1.48E+08	1.14E+09	5.37E+08
	Avg abs err	115.3%	103.0%	103.6%	114.0%	38.4%	80.6%
	Median err	-8.6%	9.1%	8.5%	6.8%	-10.9%	-3.4%

○ 시사점

- 도로유형에 따라 오차율의 절대적인 크기는 차이가 있으나 대부분의 도로에서 오차율은 상당히 높은 것으로 나타남
- AADT 추정치의 정확도를 높일 수 있는 방안을 모색할 필요가 있음
- Kriging 분석에 적용한 거리산정 기준(euclidean distance, network distance)간의 AADT 추정 오차율 차이는 거의 없는 것으로 나타남
- Euclidean distance 자료 구축이 상대적으로 간소함

다. Forecasting Network Data: Spatial Interpolation of Traffic Counts Using Texas Data(Wang and Kockelman, 2009)

○ 목적

- 본 연구는 공간통계기법(단순 Kriging, Semivariogram)을 적용하여 AADT를 추정함

○ 주요내용

- 본 연구는 기초자료 수집의 한계로 Texas 지역의 교통량 자료를 단일변수로 설정하여 AADT를 추정함. AADT 추정의 오차율은 높은 것으로 나타남

○ 시사점

- 단순 Kriging(단일변수 적용: AADT 자료)을 활용하여 AADT를 추정할 경우, 오차율이 높은 것으로 나타남
- 공동 Kriging 또는 범용 Kriging 적용을 위한 기초자료 구축(사회경제지표, 도로의 기하 구조 특성 등)이 필요함

라. Improving the Prediction of Annual Average Daily Traffic for Nonfreeway Facilities by Applying a Spatial Statistical Method (Eom et al, 2006)

○ 목적

- 본 연구는 Nonfreeway를 대상으로 공간통계기법(범용 Kriging, Semivariogram)을 적용하여 AADT를 추정함

○ 주요내용

- 본 연구는 도로특성 및 사회경제지표를 변수로 설정하였으며, Semivariogram의 파라미터(Nugget, Sill, Range)를 추정하는 방법별로 구분하여 AADT 추정치의 정확도를 비교 분석함

&lt;표 2-8&gt; 본 연구의 세부내용

구분	내용	비고
변수설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lanes(number)</li> <li>- Speed Limit(mph)</li> <li>- Median income</li> <li>- Highway function</li> </ul>	- 교통량 조사지점수는 200곳 (전체 대상구간: 약 1,000곳)
Semivariogram 파라미터 추정방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restricted Maximum Likelihood (REML)</li> <li>- Weighted Least-Squares(WLS)</li> </ul>	- Variogram 모델 유형(Gaussian 등)은 각 추정방법 중 적합도가 높은 것으로 선정함

- 본 연구에서 제시한 방법론을 적용하여 추정한 AADT의 검증결과는 <표 2-9>와 같음

&lt;표 2-9&gt; AADT 추정치 검증결과

Method	Sampled Sites		Nonsampled Sites	
	Press	Coverage	MSPE	Coverage
OLS	2.8528	93.0%	3.1818	92.8%
WLS	2.6618	99.0%	2.9089	89.5%
REML	2.4472	94.0%	2.8632	92.1%

## 5. 시사점

- 차량주행거리 산정방법론 관련 기존연구 검토를 통하여 차량주행거리 추정 시 오차발생 원인을 규명하였으며, 오차발생 원인이 차량주행거리 추정에 미치는 영향정도를 파악하기 위한 방법론을 검토하였음
- 기존 연구에 대한 고찰을 통해 도출된 시사점은 다음과 같음

### 가. 차량주행거리 추정 오차발생 원인

- 차량주행거리 추정의 오차발생 원인은 단위구간 크기결정 오류, 표본추출 오류(표본크기 결정 오류, 표본추출방법 오류), 차량 검지기의 교통량 계측오류, 교통량 추정방법(공간통계기법)의 오류로 구분할 수 있음
- 다만, 차량주행거리 추정의 오차발생 원인 중 차량검지기의 교통량 계측오류를 파악하기 위해서는 차량검지기가 설치된 전체 구간에 대한 교통량 조사가 수반되어야 함
- 본 연구에서 차량검지기의 교통량 계측오류는 없는 것으로 가정하며, 차량주행거리 추정의 오차는 단위구간 크기결정, 표본추출 및 교통량 추정방법(공간통계기법)의 오류로 인해 발생하는 것으로 가정함

### 나. 단위구간 설정 방법론

- 선행연구에서는 도로의 기하구조 특성 및 교통류 특성을 변수로 설정하여 단계적인 과정을 통해 단위구간을 설정함. 단, 선행연구에서는 변수선정 및 단위구간 설정결과의 적절성을 검증하지 못한 한계가 있음
- 본 연구는 교통량을 종속변수로 하는 상관관계 분석을 통하여 단위구간 설정기준을 선정하며, 산정된 차량주행거리를 평가지표로 활용하여 단위구간 설정결과의 적절성을 검증함

### 다. 표본크기 결정 및 표본추출 방법론

- 대부분의 경우, VMT 추정을 위한 표본크기는 FHWA(2012)에서 제시한 방법론을 활용하여 산정함. FHWA(2012)의 방법론은 해당지역 교통량의 Coefficient of Variation과 단위구간수를 고려하여 표본크기를 결정하며, 표본크기는 위의 두 가지 요소에 큰 영향을 받음
- 해당지역 교통량의 Coefficient of Variation이 크거나 단위구간수가 작을 경우, 전체 단위



구간수와 표본추출된 단위구간수의 차이가 없는 것으로 나타남

- VMT 추정을 위한 표본추출방법은 임의표본추출방법(Random Sampling)과 층화표본추출방법(Stratified Random Sampling)으로 구분할 수 있음

#### 라. 교통량 추정 방법론

- 교통량 추정방법은 회귀모형을 적용한 교통량 추정방법과 공간통계기법(Kriging 기법)을 적용한 교통량 추정방법으로 구분할 수 있음
- 추정결과는 연구의 공간적 범위 및 세부방법론에 따라 다소 차이가 있지만, 공간통계기법(Kriging 기법)을 적용한 교통량 추정방법의 정확도가 높은 것으로 나타남
- 본 연구는 교통량 추정 정확도가 상대적으로 높은 공간통계기법인 Kriging 기법을 활용하여 교통량을 추정함
  - 다양한 Kriging 기법 중에서 활용 가능한 자료 및 자료의 공간적 분포 등을 고려하여 본 연구에 부합하는 Kriging 기법을 적용함

&lt;표 2-10&gt; 선행연구 검토결과(종합)

구분		논문명	연구목적 및 방법	설정변수	검증
단위구간 설정		한국교통연구원 (2012)	-차량주행거리 민감도 분석 목적 -단위구간 설정기준(독립변수)과 구간별 교통량(종속변수)간의 상관관계 분석을 통해 최종 단위구간 설정기준 적용	-도로변 토지이용특성 -도로등급 -차로수 -주간선도로 접촉여부 -제한속도(km/h) -AADT(대/일) -속도(km/h)	
		FHWA (2012)	-차량주행거리 및 AADT 추정 목적 -단계적인 과정에 의한 단위구간 크기 결정	-도로등급 (평균 신호교차로 간격 기준)	미검증
		임성한 (2012)	-교통량 조사지점 선정을 위한 단위구 간 크기결정 -Genetic Algorithm 적용 ·AHP 분석을 통한 구간별 특성값 산정	-차로수(왕복기준)	미검증
표본 추출	표본크기 결정	FHWA (2012)	-차량주행거리 및 AADT 추정 목적 -단위구간크기결정 및 표본계층화를 통 한 적정 표본크기 결정	-주간선도로 접촉여부	미검증
	표본추출 방법	한국교통연구원 (2012)	-차량주행거리 민감도 분석 목적 -단순무작위 추출방법과 층화표본 추출 방법(행정구역별, 도로등급별)으로 구분	-	-관측자료 및 교통수요모 형으로 산정한 차량주행 거리와 오차율 비교
		Frawley (2007)	-지역도로의 차량주행거리 추정을 위한 교통량 조사지점 선정과정 제시 -임의표본추출방법에 의한 교통량 조사 지점 선정 -표준오차를 기준으로 적정 교통량 조 사지점수 산정	-제한속도(km/h)	-표준오차(Standard error)를 기준으로 적정 교통량조사지점수 산정 (통계적 접근)
교통량 추정방법 (공간통계기법 적용)		한국교통연구원 (2012)	-공간통계기법을 적용하여 차량주행거리 추정 · Co-Kriging 적용	-AADT(대/일)	-관측자료 및 교통수요모 형으로 산정한 차량주행 거리와 오차율 비교
		Selby and Kockelman (2011)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·범용 Kriging, Variogram 적용	-속도(km/h)	-관측지점의 교통량 비교 ·Variogram 모델 유형별 ·거리산정 기준별
		김호용 (2010)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·단순 Kriging, Variogram 적용 ·공동 Kriging, Variogram 적용	-AADT(대/일)	-관측지점의 교통량 비교 ·Kriging 기법별 ·Variogram 이방성 적용 여부
		Wang and Kockelman (2009)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·단순 Kriging, Variogram	-AADT(대/일)	-관측지점의 교통량 비교
		Eom et al (2006)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·범용 Kriging, Variogram	-AADT(대/일) -Lanes -Median income -Highway function	-관측지점의 교통량 비교 ·Variogram 파라미터 추 정방법별

### 제3절 자동차부문 교통망성능평가 지표

#### 1. 국외 연구

##### 가. Florida DOT(2000), Florida's Mobility Performance Measures Program

- Florida 교통국에서는 2020 Florida Transportation Plan을 기반으로 이에 부합하는 이동성 지표를 선정하여 사용하고 있음
- Florida의 도로교통망에 대한 이동성 지표는 <표 2-11>과 같음

<표 2-11> Florida DOT의 도로교통망에 대한 이동성 평가지표

이동성 차원	이동성 평가지표
통행량 (Quantity of Travel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Person miles traveled(=AADT*Length*Vehicle occupancy)</li> <li>· Truck miles traveled(=AADT*Length*%Trucks)</li> <li>· Vehicle miles traveled(=AADT*Length)</li> <li>· Person trips(=Total person trips)</li> </ul>
통행의 질 (Quality of Travel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Average Speed=Average speed weighted by PMT</li> <li>· Delay=Average delay</li> <li>· Average travel time=Distance/Speed</li> <li>· Average travel time=Door-to-door Trip travel time</li> <li>· Reliability=% of Travel times that are acceptable</li> <li>· Maneuverability=Vehicles per hour per lane</li> </ul>
접근성 (Accessibility)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Connectivity to intermodal facilities(=% within 5 mile. 1 mile for metropolitan)</li> <li>· Dwelling unit proximity(=% within 5 miles. 1 mile for metropolitan)</li> <li>· Employment proximity(=% within 5 miles. 1 mile for metropolitan)</li> <li>· Industrial/warehouse facility proximity(=% within miles with bike lane/shoulder coverage)</li> <li>· % Miles bicycle accommodations(=% miles with sidewalk coverage)</li> <li>· % Miles pedestrian accommodation(=% miles with sidewalk coverage)</li> </ul>
이용율 (Utilization)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· % System heavily congested(=% miles at LOS E or F)</li> <li>· % Travel heavily congested(=% daily VMT at LOS E or F)</li> <li>· Vehicles per lane mile(=AADT*length/lane miles)</li> <li>· Duration of congestion(=Lane-mile-hours at LOS E or F)</li> </ul>

자료 : Florida DOT(2000), Florida's Mobility Performance Measures Program.

#### 나. U.S.DOT(2004), Transportation Performance Measures in Australia, Canada, Japan, and New Zealand

- 최근 10년동안의 Performance measurement program에 대한 관심 증가 추세를 반영하여, 미국 FHWA, AASHTO, NCHRP의 도움으로 호주, 캐나다, 일본, 뉴질랜드의 교통성능평가에 대한 조사를 수행
- 호주, 캐나다, 일본, 뉴질랜드에서는 사업우선순위 선정, 투자결정, 의사결정 등 미국에서 전형적으로 성능평가지표(Performance measures)를 사용하는 용도 보다 더 다양하게 사용하고 있음을 밝히고 있음
- 여기에서 제시하고 있는 여러 국가의 교통망성능평가 중 일본의 교통망성능평가 지표를 예를 들면, <표 2-12>와 같음

<표 2-12> 일본의 교통망성능평가 지표

Policy Theme	Performance Indicator
Economic vitality	· Time loss due to traffic congestion
	· % of ETC use—National
	· Metropolitan Expressway
	· Hansin Expressway
	· Hours of roadwork
	· % of Traffic diverted to expressways
	· % of Roads with access to airports/ports
Quality of life	· % of Main cities connected to national road
	· % of People having safe drive into city of less than 30 minute
	· % of Barrier-free main roads near transit terminals with > 5,000 passengers
Safety	· % of Urban trunk roads without utility poles
	· Incidence of death and injury accidents
	· Road in safe condition—bridge Pavement
Environment	· % of Cities having safety evacuation routes
	· Reduction in CO <sub>2</sub> emissions
	· % of NO <sub>2</sub> environmental goal achievement
	· % of Suspended particulate matter goal achievement
Road administration	· % of Compliance on nighttime noise standards
	· Level of road user satisfaction
	· Number of hits on homepage

자료 : U.S.DOT(2004), Transportation Performance Measures in Australia, Canada, Japan, and New Zealand

#### 다. Mingzhou Jin et. al.(2004), System Performance Measures for Intermodal Transportation with a Case Study and Industrial Application

- Mingzhou Jin et. al.(2004)는 5개 부문(mobility and reliability, safety, environmental impact, long term transportation cost efficiency, and economic impact)에서 복합수단을 고려한 이용자 중심의 성능평가지표를 개발하였음
- 이에 앞서 기존 성능평가지표와 관련된 연구에서 제시되었던 성능평가지표들을 mobility and accessibility, reliability, safety, environmental, cost, infrastructure condition, economic impact, industrial productivity의 8개 부문으로 분류하였음
  - Mingzhou Jin et. al.(2004)는 기존 연구에서 제시되는 성능평가지표들의 단점으로 직접적인 성능평가지표(directly performance measures)와 간접적인 성능평가지표(indirectly indicators, the second tier performance measures)가 혼재되어 있음을 지적하였음. 예컨대, 사고로 인한 지체는 평균통행시간에 영향을 미칠 수 있으나, 이러한 지체는 사고라는 직접적 영향에 의한 부수적 영향이므로 이를 구분할 필요가 있음을 언급함
  - 또한 기존의 성능평가지표들은 이용자의 만족도를 평가할 수 있어야하기 때문에 성능평가지표의 정의에 앞서, 이용자 분류, 이용자 니즈(needs)를 먼저 정의하여야 한다고 강조하였음

<표 2-13> Mingzhou Jin et. al(2004)에서 분류한 기존 성능평가지표

구분	지표
이동성 및 접근성 (Mobility and Accessibility)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Average origin-destination travel time per trip</li> <li>· Speed, Travel Length(mile/trip), Total travel time of a specific trip</li> <li>· Average speed</li> <li>· Speed and trip length</li> <li>· Total traveling time=trip length/average speed</li> <li>· Total highway segment lengths with <math>V/C &gt; 0.85</math></li> <li>· Passenger Mobility Coefficient=<math>PMT/average\ speed/10^6</math> PMT=passenger miles traveled</li> <li>· Freight Mobility Coefficient=<math>FTMT/average\ speed/10^6</math> FTMT=freight ton miles traveled</li> <li>· Passenger Mobility Index=<math>(PMT/VMT)*average\ speed</math> PMT/VMT=the loading efficiency for each vehicle</li> <li>· Freight Mobility Index=<math>(FTMT/Truck\ VMT)*average\ speed</math></li> <li>· Percentage of intermodal connectors</li> <li>· PHT(Passenger hours traveled), VHT(Vehicle hours traveled) PHT=<math>VMT*AVO</math>(average vehicle occupancy)</li> <li>· TMT(Truck freight ton-miles traveled)</li> <li>· # of goods transferred, # of people accessing the system</li> <li>· Ease of movement, ease of access</li> <li>· Percentage of urban population within X mile of transit</li> </ul>

## &lt;표 계속&gt;

구분	지표
이동성 및 접근성 (Mobility and Accessibility)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Percentage of employment sites within X miles</li> <li>· Percentage of population within X minutes of Y percentage of employment sites</li> </ul>
신뢰성 (Reliability)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Delay: accident delay, intersection delay, intermodal terminal delay, other lost time</li> <li>· Level of congestion</li> <li>· Transferring time btw. modes</li> <li>· Delays per ton-mile</li> <li>· Congested highway miles/Total highway mile</li> <li>· Frequency of transit service</li> <li>· On-time performance</li> </ul>
안전성 (Safety and Security)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Fatalities per 100 million vehicle-mile of travel</li> <li>· # of accidents per 100 million vehicle-miles of travel</li> <li>· Average # of fatalities per 100,000 passenger miles by considering AVO(Average Vehicle Occupancy)</li> <li>· Accident rates, Fatality rates, Injury rates</li> <li>· # of high accident locations</li> <li>· # of vehicles transferring dangerous goods in a particular region</li> <li>· Crime rate on the ton-miles traveled(or passenger miles traveled)</li> </ul>
환경측면 (Environmental)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Emissions from all the mobile sources               <ul style="list-style-type: none"> <li>- tons(in millions) of mobile source emissions from one-road vehicles</li> <li>- total emissin per vehicle miles</li> </ul> </li> <li>· # of people who are exposed to significant noise levels</li> </ul>
비용측면 (Cost)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Cost of highway freight per ton-mile</li> <li>· Fuel consumption cost(Total operating cost에 영향을 미치나 간접적요인(second-tier performance measure for operating cost)으로 간주</li> <li>· Cost per vehicle-hour</li> <li>· Maintenance cost of facilities(절대적 크기가 교통망성능의 향상/저하를 의미하는 것은 아님)</li> </ul> <p>※ 교통계획, 인프라건설, 교통운영과 직접적으로 관련된 비용만 고려하며, 사고, 지체, 환경오염으로 인한 비용(외부효과)은 고려하지 않음</p>
시설 현황 (Infrastructure condition)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· # of bridges per 100 miles</li> <li>· # of deficient bridges per 100 miles</li> <li>· Lane-miles of high-level highway requiring rehabilitation</li> <li>· Percentage(or total length) of different levels of classifications of highway</li> </ul>
경제적 효과 (Economic Impact)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· # of Direct and indirect jobs created</li> <li>· The Contribution of investment to GDP growth               <ul style="list-style-type: none"> <li>- revenue per ton-mile by mode(직접적 지표는 아님)</li> </ul> </li> </ul>

## &lt;표 계속&gt;

구분	지표
경제적 효과 (Economic Impact)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· The value of the freight that is moved from, to, and within the region</li> <li>· The value of the freight the transportation system carries</li> </ul> <p>※ 경제적 효과지표는 교통시스템으로 인한 경제적 편익을 의미하는 것이므로, 경제적 성장(예: 수입증가)과 이동성에 의한 편익(mobility benefits)은 구분되어야 함. 즉, 운영수입은 경제적 효과를 나타내는 직접적 지표가 아님</p>
산업 생산성 (Industrial Productivity)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Vehicle miles per capita</li> <li>· Passenger trips per capita</li> <li>· Revenue hours per employee</li> <li>· Passenger trips per employee</li> <li>· Empty/Loaded ratio for truck moves</li> <li>· Annual miles per truck</li> <li>· Average length of haul by vehicle</li> </ul> <p>※ 산업생산성은 해당 산업의 성능을 평가하는 지표일뿐, 교통망성능평가 대상이 아니며, 산업생산성과 교통망성능평가지표와는 구분되어야 한다고 강조함.</p>

- Mingzhou Jin et. al(2004)에서 제시한 5개 부문(mobility and reliability, safety, environmental impact, long term transportation cost efficiency, and economic impact)의 성능평가지표는 <표 2-14>와 같음(자세한 설명은 부록 참고)

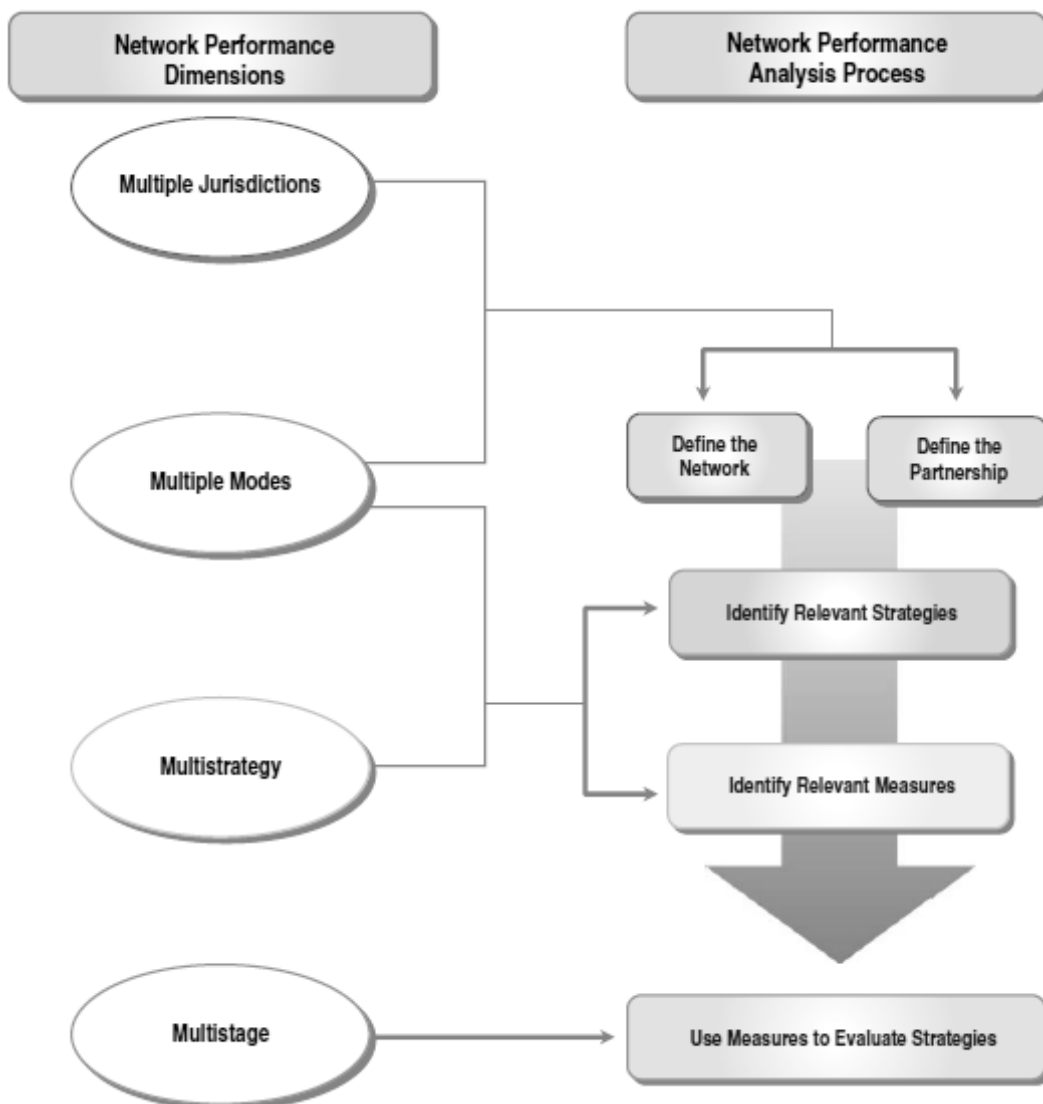
&lt;표 2-14&gt; Mingzhou Jin et. al(2004)에서 제시한 5개 부문 성능평가지표

구분	지표
이동성 및 신뢰성 (Mobility and Reliability)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Average travel time per mile</li> <li>· Coefficient of variance of travel time</li> <li>· Coefficient of unpredictable variance of travel time</li> </ul>
안전성 (Safety)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Fatalities per TMR(PMR)*</li> <li>· # of Injuries per TMR(PMR)</li> <li>· Property damage cost per TMR(PMR)</li> </ul>
환경영향 (Environmental Impact)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Tons of mobile emissions from on-road motor vehicles per TMR(PMR)</li> <li>· Percent of people affected by noise produced by vehicles per TMR(PMR)</li> </ul>
장기적 교통비용 효율 (Long Term Transportation Cost Efficiency)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Vehicle operation cost per TMR(PMR)</li> <li>· Cost of transportation facility per TMR(PMR)</li> </ul>
경제성장 및 고용증진 (Economic Growth and Employment Improvement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Economic growth approximation resulted from construction of transportation infrastructures</li> <li>· # of Job opportunities created by transportation system per 1 million dollar investment</li> </ul>

주 : TMR=ton-mile required, PMR=passenger-mile required.

## 라. TRB(2010), NCHRP Report 664: Measuring Transportation Network Performance

- NCHRP Report 664는 교통수단의 성과와 교통정책의 효과평가 및 교통망 모니터링을 위한 지표 개발과정 전반에 걸친 방법을 제시하고 있음. 특히 개별 교통수단 및 시설, 독립적 행정자치기관내의 개별 교통정책에 대한 교통망성능평가에 국한하지 않고, 시스템전반차원(system-level)의 교통망(systems as a seamless transportation network)성능평가에 중점을 두고 있음
- 이 보고서는 교통망성능평가의 Framework를 제시하고 이를 시나리오별로 적용하여 교통망성능평가(교통망성능평가 지표 활용) 방법의 가이드라인을 보여주고 있음



<그림 2-8> Network Performance Measurement framework concept



- 시스템차원에서 교통망의 성능을 평가하기에 교통행정기관간의 협력(partnership)을 강조하고 있어, 단일지역(single region)내, 지역 간 협력(peer-to-peer), 지역내 기구(부서)간 협력을 요구하는 교통계획(정책) 시나리오를 설정하고, 각 시나리오별 교통망성능평가 방안 제시
- 각 시나리오별 시나리오 정의, Case Studies, 구성요소(교통계획수립주체간 협력체계, 교통망성능평가 Framework, 지표개발 및 Data 수집방안)를 제시함
- 교통계획 수립 시 평가할 수 있는 항목, 각 항목별 사용할 수 있는 지표를 제시
- 적용할 수 있는 지표는 다시 교통축 단위 성능평가(Corridor-level performance measures), 시스템 단위 성능평가(System-level performance measures), 사업시행여부, 사업(투자)우선 순위 선정을 위한 지표들로 구분됨

#### 마. Imperial College London(2011), Key Performance Indicators for traffic management and ITS

- Imperial College London(2011)은 주요 성능평가 지수(Key Performance Indicators)를 활용하여 교통관리정책과 ITS 성능평가를 위한 Framework과 그 활용법을 제시함
- 도시교통관리부문에 4가지 주요 전략적 정책 목표인 교통효율(traffic efficiency), 교통안전(traffic safety), 대기오염감소(pollution reduction), 사회통합 및 토지이용(social inclusion and land use)분야에서의 잠재적 지표(measures)들을 정의하고 이들 지표를 활용한 주요 성능평가 지수(Key Performance Indicators) 산정법을 제시함(구체적인 지수 및 지수를 산정하기 위한 지표(measures)는 부록 참고)

<표 2-15> Imperial College London(2011)의 주요 분야별 지수(Index)

분야	Index
교통효율 (Traffic Efficiency)	· Mobility
	· Reliability
	· System condition
교통안전 (Traffic Safety)	· Traffic accidents(사고건수)
	· Safety impact(사고영향도(직접영향/간접영향, 도시내/도로망내))
	· C2I(car-to-infrastructure)(차와 교통시설간 사고영향)
	· Total index of traffic safety(사고와 관련된 지표들의 종합화된 지표)
대기오염감소 (Pollution Reduction)	· Emissions(motor/electric veh.)
	· Total index of pollution reduction
사회통합 및 토지이용 (Social inclusion and land use)	· Accessibility to activities
	· Social mobility of special groups
	· Public transport usage of special groups
	· Index for land use

## 바. TTI(2012), Urban Mobility Report

- 미국 최대 사설 통행시간정보 수집·제공기관인 INRIX사와 협력하여 미국 내 도시부의 모든 통행속도 Data를 바탕으로 작성된 교통통계자료집<sup>1)</sup>으로 Texas A&M 교통연구소에서 발간됨
- 미국 대부분의 도시부지역의 도로 1 mile 간격, 15분마다 수집되는 통행속도자료(미국 내 약 875,000 mile의 통행속도자료로써, 약 6억 여건의 자료)를 바탕으로 보다 정교하고 구체적인 교통대책 수립에 도움이 될 수 있음
- 방대한 양의 통행속도 Data로부터 주중 정오와 심야뿐만 아니라, 주말의 혼잡도를 측정할 수 있으며, PTI(Planning Time Index)와 같은 하루중 통행시간의 변화를 반영할 수 있는 지표도 산출할 수 있게됨
- 2012년 UBR(Urban Mobility Report)부터는 혼잡으로 인한 온실가스(CO<sub>2</sub>)배출량 지표까지 포함하여 발간됨
- 온실가스 배출량 산정 외 지역별·도로유형별·시기별 VMT 산정 결과를 활용하여 혼잡비용, 통행시간 등의 교통망성능평가(Network Performance Measure) 지표를 산출하고 있음

<표 2-16> 미국 TTI의 교통망성능평가지표

구분	교통망성능평가지표		
교통소통측면	Travel Speed Travel Delay Annual Person Delay Annual Delay per Auto Commuter	Annual Peak Period Travel Time Annual Time Index Roadway Congestion Index	Number of Rush Hours Percent of Daily and Peak Travel in Congested Conditions Percent of Congestion Travel
경제적측면	Wasted Fuel, Total Congestion Cost		
기타	Commuter Stress Index		

1) TTI의 UMR(Urban Mobility Report)는 엄밀한 의미의 통계자료집은 아님. UMR은 연간 수집된 통행속도, 교통량 등의 Data를 기반으로 미국 전반의 교통혼잡정도와 혼잡으로 인한 외부효과(지체로 인한 추가 소요시간·연료소모량·온실가스배출량 등)를 제시하고, 이에 대한 문제점 진단 및 해결책을 제시하고 있음.

- TTI에서는 VMT, 인구, 차량당 평균 연료소모량, 도로특성자료 등의 1차적인 Data를 활용하여 통행률지수(TRI, Travel Rate Index), 통행시간지수(TTI, Travel Time Index), 도로혼잡지수(RCI, Roadway Congestion Index) 등의 2차 지수(중간산출물) 산출함. 또한, 1차 Data와 2차 지수를 다시 활용하여 교통혼잡비용의 지표(3차 정보)를 산출하고 있음
- 교통공학적인 Data와 사회·경제·회계·경영적 및 도시계획적 요소를 결합하여 종합적인 평가가 가능한 가공된 정보(information) 및 고차원적 정보(knowledge)로서 가치를 창출하고 있음

## 2. 국내 연구

### 가. 김채만(2009), 경기도 교통지표 산정에 관한 연구

- 김채만(2009)은 경기도 교통정책에 대한 성공가능성과 기추진 교통정책에 대한 평가를 위해 경기도 교통지표 산정의 필요성을 인식하고, 기 구축되어 있는 자료<sup>2)</sup>를 활용하여 2006년 이후 매년 경기도 교통수단 분담률을 산출하고 교통정책평가를 위한 개별교통수단별 지표를 산출하였음
- 경기도 교통지표로서 교통수단 분담률과 개별교통수단 지표를 설정하였음
  - 교통수단 분담률은 국내외 타 도시와 비교분석이 가능하도록 기준을 일치시키기 위해 산출기준(대상통행, 기준통행, 교통수단, 산출자료기준일)을 재정립하였으며,
  - 경기도 관련통행, (환승미포함)수단통행, 6개 수단(승용차, 버스, 전철, 택시, 자전거, 기타), 주중연평균일을 기준으로 교통수단 분담률을 산정하였음

### 나. 김순관 외(2001), 서울시 교통수단별 통행량 지표산정방법 연구

- 5년 단위로 수행되는 서울시 가구통행실태조사를 바탕으로 교통수단별 통행량 지표를 산출하였음
- 중간년도의 통행량지표는 5개 수단(승용차, 택시, 지하철, 버스, 기타(화물포함))으로 구분하여 도로상 관측교통량과 버스와 지하철의 수송실적, 수단별 자동차 등록대수 등을 이용하여 산출하는 방법을 제시함

2) 경기도는 1997년과 2006년 대규모 가구통행실태조사를 통해 교통수단 분담률을 산출하고 있음.

&lt;표 2-17&gt; 서울시 수단별 통행량 산출방법

수단구분	방법	입력자료
승용차, 택시, 화물	Gradient 기법 적용	기준년도 수단OD 목표연도 수단별 관측교통량
지하철	보정계수 적용 (기준년도 기종점 통행량 × 보정계수)	목표연도 지하철 수송실적 지역 간 환승계수
버스	보정계수 적용 (기준년도 기종점 통행량 × 보정계수)	일반버스: 수송실적 마을버스: 등록대수 전세버스: 등록대수
기타	보정계수 적용 (기준년도 기종점 통행량 × 보정계수)	오토바이 등록대수

자료 : 김순환 외(2001), 서울시 교통수단별 통행량 지표 산정방법 연구, 서울시정개발연구원.

- 서울시의 교통수단별 교통지표를 지속적으로 산출하기 위해 필요한 사항들을 제시함
  - 기초자료 확보를 위한 통계작성 의무화, 코든라인/스크린라인 도로교통량 조사의 정례화, 대중교통 수송실적 자료의 체계적 자료 집계 및 공표의 필요성을 제안하였음
  - 서울시 대규모 조사에 대한 조례 제정, 대규모 교통조사예산확보 근거와 교통조사자료를 업데이트 할 수 있는 교통조사분석센터의 설립 근거 마련이 필요함을 강조하였음

### 3. 시사점

- 국내 교통망성능평가를 위한 자료 수집은 1차원적 목적으로만 활용하고 있으며, 이력자료 저장 및 가공에 의한 2차 지표 생성·활용은 못하고 있는 실정임

&lt;표 2-18&gt; 국내 교통망성능평가지표 관련 수집자료 및 활용 현황

수집기관	수집자료	활용
국토교통부ITS국가교통정보센터	교통량, 지점속도, 점유율	• 교통소통정보제공(고속도로, 국도)
지자체ITS센터	교통량, 지점속도, 점유율	• 지자체소통정보제공(국지도, 지방도)
한국도로공사	교통량(전국 폐쇄형톨게이트 통과, TCS)	• 국가교통DB구축(O/D구축 및 보정)에 활용
한국건설기술연구원	도로교통량통계	• 교통수요분석(모형정산)
서울시/경찰청	서울시내교통량	• 소통정보제공(서울·수도권간선도로) • BIS, BMS
교통안전공단	교통사고데이터	• 교통사고통계 제공 • 사고찾은구간 선별

자료 : 박동주(2013), Network Performance Measure 현황 및 정책방향, 2012년도 『국가교통조사 및 DB구축사업』 국가교통DB사업 성과발표회(2013. 4. 25) 발표자료.

- 차량주행거리, 온실가스배출량, 에너지 소비량 등 Information 산출이 어려워 국내 교통망성능평가는 단순 통계Data에 불과한 수준임
- 도심부 교통량 자료 확보가 부족하고 속도자료와 교통량 자료의 통합이 어려우며, 국가와 지자체 간 데이터 호환 및 공유가 되지 않아, Data의 1차원적 목적(교통량수집, 단속 등)에만 활용되고 있음



<그림 2-9> 국내 교통망성능평가의 한계점

- 이에 반해 해외에서는 성능평가지표를 바탕으로 교통계획 및 정책수립부터 목표와 세부 계획을 수립해오면서, 다양한 지표와 정보를 가공하는 방법을 연구해오고 있음

## 제4절 대중교통부문 교통망성능평가 지표

### 1. 국외연구

#### 가. Florida DOT(2000), Florida's Mobility Performance Measures Program

- Florida 교통국에서는 2020 Florida Transportation Plan을 기반으로 이에 부합하는 이동성 지표를 선정하여 사용하고 있음
- Florida의 대중교통에 대한 이동성 지표는 <표 2-19>와 같음

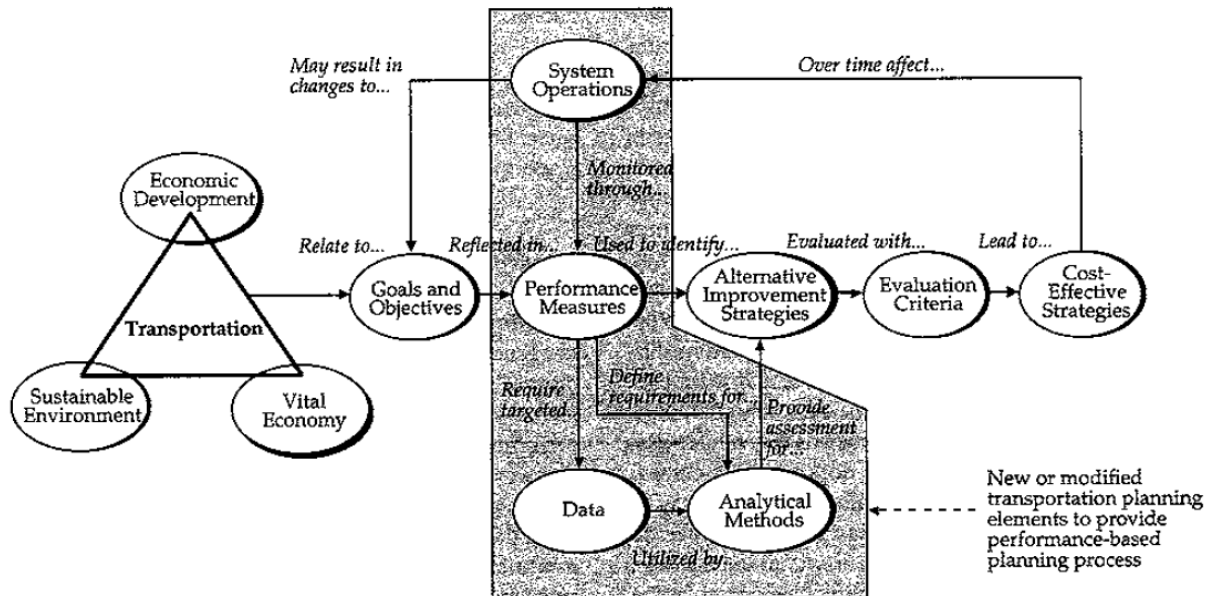
<표 2-19> Florida DOT의 대중교통에 대한 이동성 평가지표

이동성 차원	이동성 평가지표
통행량 (Quantity of Travel)	· 승차율(Ridership)=총 승객통행량(Total passenger trips)
통행의 질 (Quality of Travel)	· 승용차/대중교통 통행시간 비율=Door-to-door trip time · 신뢰도(Reliability)=정시성(On-time performance)
접근성 (Accessibility)	· Coverage=% person minutes served · 운행빈도(Frequency)=시간당 버스대수 · Span=서비스 시간(Hours of service per day)
이용율 (Utilization)	· Load Factor(=% seats occupied)

자료: Florida DOT(2000), Florida's Mobility Performance Measures Program.

#### 나. TRB(2000), A Guidebook for Performance-Based Transportation Planning

- TRB(2000)은 Performance-based 교통계획의 절차를 제시하고 있음
  - － Performance-based 교통계획의 절차는 (Step 1) Getting Started → (Step 2) Select Application → (Step 3) Develop a Working Group → (Step 4) Develop Goals and Objectives → (Step 5) Develop Performance Measures → (Step 6) Identify Data Needs → (Step 7) Identify Analytical Tools → (Step 8) Report Result 의 8가지 절차로 이루어짐



<그림 2-10> Performance-Based 계획 프로세스 개념도

자료 : TRB(2000), A Guidebook for Performance-Based Transportation Planning, p. 7.

- TRB(2000)에서는 미국에서 주로 사용하는 성능평가지표(Performance Measures)들을 Accessibility, Mobility, Economic Development, Quality of Life, Environmental and Resource Conservation, Safety, Operational Efficiency, System Preservation, Measures Relevant to Multiple Goal Categories 등 9가지 분류로 제시하고 있음(부록 참고)

#### 다. CTA(2001), Service Standards

- 시카고 대중교통국(CTA, Chicago Transit Authority)은 미국 내 두 번째로 큰 대중교통시스템을 운영하는 기구로서, 시카고와 40여개 주변 지역을 대상으로 약 152개 노선, 노선길이 2,273miles을 서비스하고 있음
  - Downtown으로 접근과 전 서비스지역에 대한 광범위한 지역서비스 제공을 위해 설계된 통합대중교통시스템을 운영하고 있으며 이들이 제공하는 대중교통서비스의 형태는 버스, 급행전철, 준대중교통서비스, 이벤트 발생시 제공하는 서비스 등 다양함
- 새로운 서비스, 서비스 확장, 서비스 감소 등의 이용자 수요에 맞는 의사결정을 위한 수단으로 Service Standards라는 가이드를 제시하여 활용하고 있으며, 제시하는 지표로는 Coverage, 서비스시간대, 서비스빈도, 고객흐름과 최소생산성임

&lt;표 2-20&gt; CTA Service Standards에서 제시하는 지표

지표명	설명			
서비스범위 (Service Coverage)	· 대부분의 시간에 0.5마일(800m)의 도보가 가능한 서비스 제공지역			
	시간		노선간 거리(mile)	일반적인 보행거리(mile)
	주중 첨두	고밀도	0.5	0.25
		저밀도	1	0.5
	주중 낮/저녁		1	0.5
	주말 또는 공휴일		1	0.5
야간		2	1	
서비스시간대 (Span of Service)	· 서비스가 제공되는 시간. 대중교통이 운영되는 최소시간대			
	· CTA에서는 주요 노선(key routes)와 지원 노선(support routes)을 지정하여 대중교통 서비스 시간을 설정하되 지원 노선의 경우는 수요에 대응하여 유동적으로 운영			
서비스빈도 (Frequency of Service)	· 승객수요에 적합한 충분한 수의 차량을 제공하는 것을 의미			
	· 수요, 특히 첨두시 가장 혼잡한 지점에서의 이용자 수에 대응 하는 배차간격을 의미			
고객흐름	· 가장 혼잡한 지점에서 대중교통수단의 승객수			
	· 가장 혼잡한 지점에서 버스 대당 60명의 계획용량이 혼잡시간동안 계획버스 빈도로 사용됨			
	· 서비스빈도(Frequency of Service)와 밀접한 관련이 있음			
	교통수단	Passenger Flow/30min	배차간격	차량당 평균이용객 수
	버스	300~360	5min	50~60
	철도	3840~4680	4.5min	75~90
최소생산성	· 배차간격이 30분일 때 버스 한시간당 승객 30명을 최소로 하는 기준			
	· 주중, 주말, 공휴일로 구분하여 주기적으로 리포팅됨			

자료 : CTA(2001), Service Standards.

## 라. TRB(2013), A Guidebook for Developing a Transit Performance-Measurement System

- 대중교통과 관련한 성과지표를 활용하고자 하는 대중교통 시스템 관리자를 위한 지표선택 가이드로서 이용자 지향 및 지역의 문제에 초점을 맞추어 성과지표를 제시함



&lt;표 2-21&gt; 대중교통과 관련한 성과지표

지표명	설명	산출식 및 표현형태	비고
통행시간을 고려한 대중교통 접근도 지표	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기종점간의 door-to-door 통행을 평가하는 인덱스형태의 지표</li> <li>· 지역간 서비스 형평성 비교, 교통수단간의 직접비교, 대안 시나리오의 비교가 존재</li> </ul>	$\frac{Time\ by\ Bus}{0.5(Time\ by\ Car + Time\ by\ Bus)}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 영향요소:(버스, 승용차에 대한)통행시간과 비용, Service Coverage, 차량빈도, 서비스 시간</li> <li>· 필요자료:버스, 승용차별 기종점간 거리 및 통행속도, 보행거리, 보행시간, 대기시간, 요금, 운행비용, 평균차량재차율</li> </ul>
변동계수	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 대중교통 차량간의 배차간격의 규칙성(evenness)</li> <li>· 분석기간 동안 같은 스케줄 배차시간이 동일한 경우에 사용 가능함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 실제 배차시간의 분산(headway deviation)을 평균 스케줄 배차시간으로 나눈 계수로 정의</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지표의 형태:service regularity, headway adherence, headway regularity index, wait assessment, headway ratio, headway deviation</li> <li>· 영향요소: 교통혼잡, 정류소 수, 승객량, 스케줄 배차시간 정확성 등</li> <li>· 필요자료: 현장조사를 통한 배차간격 자료</li> </ul>
주행시간비율 (Run Time Ratio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 계획된 주행시간과 실제 주행시간의 비율</li> <li>· 신호교차로가 많고 다른 지체 요인을 포함하는 장거리 노선에 대해 유용함</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주요 영향요소:도로 혼잡, 승차시간, 노선특징(신호교차로 수 등)</li> </ul>
이동성 (Mobility)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기종점간 통행 용이의 정도를 의미</li> <li>· 접근성과 구분하기 어려움점이 있으나 이동성지표의 경우 기종점간 통행시간을 강조한 반면 접근성지표는 도달할 수 있는 기종점의 수에 초점을 맞춘 것</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 이동성 지표</li> <li>· 기종점간 통행시간, 평균통행속도, 평균통행시간, 혼잡 수준별 통행한 차량mile(VMT), 혼잡으로 인한 지체 또는 손실시간, 상대 지체율(실제 통행율당 지체율), 지체율(수락할 수 있는 통행율당 지체율), 도로 서비스 수준 또는 v/c, 축이동성지표(corridor mobility index), 통행율지수, 신뢰도지수(reliability factor), 혼잡가중지수(congestion burden index), 교통선택율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 영향요소:용량, v/c, 혼잡수준, 신호운영, 접근성</li> <li>· 필요자료:기종점별 통행시간, 속도, VMT 등</li> </ul>
지역 연결성 (Community Cohesion)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주거지역과 활동지역간의 직선거리와 대중교통노선의 거리로 표현되는 이동성관련 지표</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지역의 연결수준, 주거지역과 활동지역간의 직선거리와 대중교통노선의 거리</li> </ul>	—
통행시간 변동계수 (Travel Time Variability)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기종점간 또는 특정링크상의 통행의 평균시간의 변동치</li> </ul>	—	—
대중교통/승용차 통행시간의 차이 (Transit/Auto Travel Time Difference)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 승용차와 대중교통에 의한 통행시간의 차이</li> </ul>	—	—

자료 : TRB(2013), A Guidebook for Developing a Transit Performance-Measurement System

## &lt;표 계속&gt;

지표명	설명	산출식 및 표현형태	비고
신뢰도 계수 (Reliability Factor)	· 평균보다 높은 통행시간을 갖는 통행의 비율	—	—
굴곡도 (Route Directness)	· 직선거리와 노선의 비율	—	—
환승이 필요한 통행의 비율	· 기종점간 필요한 환승수를 제한하는 것은 통행시간과 지체를 감소시키고 대중교통에 대한 편의성을 증진시킬 수 있는 방법으로 단순한 환승의 수를 측정하는 것에서 벗어나 시스템 전체에 대한 평가가 가능함	—	—
지체	· 이상적인 상황과 실제상황 간의 통행시간 차이	—	—
상대 지체율 (Relative Delay Rate)	· 수용할 수 있는 통행물로 지체율을 나눈 값 · 혼잡의 영향 측정	—	—
통행률 지표 (Travel Rate Index)	· 첨두시간 동안 혼잡으로 인한 추가적인 통행시간 · 첨두시간 통행률을 비첨두시간 통행률로 나눈값(여기서 통행률은 단위거리당 통행시간을 의미)	$TRI = \frac{(\frac{\text{Freeway Travel Rate}}{\text{Freeway Free flow Rate}} \times \text{Freeway Peak Period VMT})}{\text{Freeway Peak Period VMT} + \text{Pr} \in \text{Arterial Street Peak Period VMT}}$ $+ \frac{(\frac{\text{Pr} \in \text{Arterial Street Travel Rate}}{\text{Pr} \in \text{Arterial Street Freeflow Rate}} \times \text{Freeway Peak Period VMT})}{\text{Freeway Peak Period VMT} + \text{Pr} \in \text{Arterial Street Peak Period VMT}}$	

자료 : TRB(2013), A Guidebook for Developing a Transit Performance-Measurement System

#### 마. TRB(2013), Transit Capacity and Quality of Service Manual

- 대중교통용량과 서비스질에 관한 연구로서, 서비스질(Quality of Service)에 대하여 ‘이용자 관점에서 대중교통 서비스에 대해 전체적으로 측정 또는 인지되는 운영성과(performance)’로 정의하고 지표들을 제안하고 있음
- 서비스 질에 대해 구분한 5가지(이용가능성, 서비스 모니터링, 통행시간, 안전, 유지보수) 중 가장 중요하며 정량화가 가능하다고 판단한 이용가능성과 편의성(Comfort and Convenience, 서비스모니터링과 통행시간)에 대하여 평가지표를 설정함
- 대중교통 서비스 질은 크게 이용가능성(Availability)과 서비스 질로 나뉘며 이 중 대표적인 이동성과 관련된 지표로는 통행속도, 승용차와 대중교통의 통행시간 비율, 신뢰도 계수 등이 있음

&lt;표 2-22&gt; 대중교통 서비스 측정 지표

분류	정류소	노선	시스템
이용가능성 (Availability)	운행빈도 (frequency)	서비스시간 (hours of service)	서비스지역 (service coverage)
편의성 (Comfort & Convenience)	승객량 (passenger loads)	신뢰도 (reliability)	대중교통/승용차 통행시간 (transit/auto travel time)

자료 : TRB(2013), Transit Capacity and Quality of Service Manual.

## 2. 국내연구

### 가. 김채만(2009), 경기도 교통지표 산정에 관한 연구

- 김채만(2009)은 자동차부문 교통망성능평가 지표 개발 연구와 함께 경기도 대중교통 지표도 개발하였음
- 경기도 대중교통 지표를 노선, 수요, 운영, 서비스, 시스템전체로 구분한 5개 부문별 지표를 설정하였으며, 세부 지표는 <표 2-23>과 같음

&lt;표 2-23&gt; 경기도 대중교통 지표

대분류	소분류	내용
노선	운영개시	운영개시 년도
	노선연장(km)	노선 연장
	경유 역(정류장)	노선통과 역(정류장)
수요	승차 승객수	주중/주말로 구분
	승객인·km	승객이 총 통행한 거리
	수입금	승객이 지불한 금액(카드/현금 구분)
운영	운행 차량대수	운행하고 있는 차량대수
	영업거리(대·km)	영업한 운행거리
	운영비용	영업에 소요된 총비용(세항목별 구분)
서비스	차내 혼잡도	첨두시 평균혼잡도, 최대 혼잡도
	운행속도	운행거리/운행시간(첨두/비첨두/평균)
시스템 전체	대중교통 역간 승객수	모든 대중교통 노선의 종합
	BRT노선 및 연장	BRT가 운영되고 있는 노선 및 연장

자료 : 김채만(2009), 경기도 교통지표 산정에 관한 연구, 경기개발연구원.

- 대중교통 지표는 노선별로 집계하였으며, 도시의 역(정류소)간 승객수와 BRT노선연장 등은 도시의 대중교통시스템 전체를 대상으로 함
- 연중 월별1회씩 집계되는 경기도교통카드 요금정산자료(전철: 카드+티켓, 버스: 카드+현금)를 이용하여 세부 지표 산출하였음. 이 외, 서울지하철, 인천지하철, 수도권전철 3개 기관 이용자들에 대한 한국철도공사 광역본부의 수도권전철 역간OD-역간 기종점통행량자료-와 한국철도공사 역간상호발착수송량을 활용하여 전철 및 철도를 이용하는 승객자료를 활용하였음
- 또한 김채만(2009)는 택시를 별도의 교통수단으로 인식하고 택시 등록대수와 택시타코메타 및 택시이용실태조사를 통해 영업횟수, 가동률, 평균재차인원 등의 원단위를 조사하여 택시 수송실적을 산출하고 있음

#### 나. 이신해 외(2009), 대중교통 서비스지표 산출연구(2단계)

- 이신해 외(2009)에서는 교통카드 자료, BMS 자료, 지하철 운행 및 이용현황 자료를 이용하여 도로구간기반 대중교통 서비스지표를 산출함
- 활용 가능한 자료를 가공하여 산출 가능성을 고려하여 대중교통 서비스지표를 산출하였으며, 대중교통 서비스지표 속성은 운행횟수, 통행속도, 정시성, 혼잡율을 선정함
  - 버스의 경우, 교통카드 자료를 이용하여 운행횟수, 재차인원, 혼잡률 속성 값을 산출하였고, BMS 자료를 이용하여 정시성, 통행속도 속성값을 정류장기반으로 산출하였음
  - 버스의 정류장기반 서비스지표는 다시 도로구간기반으로 전환하여 산출하였고, 정류장기반 개별노선 버스 서비스지표는 도로구간기반 개별노선 버스 서비스지표로 전환하여 산출하였음. 이 때, 도로구간기반 개별노선 버스 서비스지표 속성값은 도로구간기반 통합 버스 서비스지표 속성값으로 전환하였음
  - 지하철의 경우 지하철 운영기관의 정기교통량 자료를 이용하여 운행횟수, 혼잡률 속성값을 지하철구간기반으로 산출함

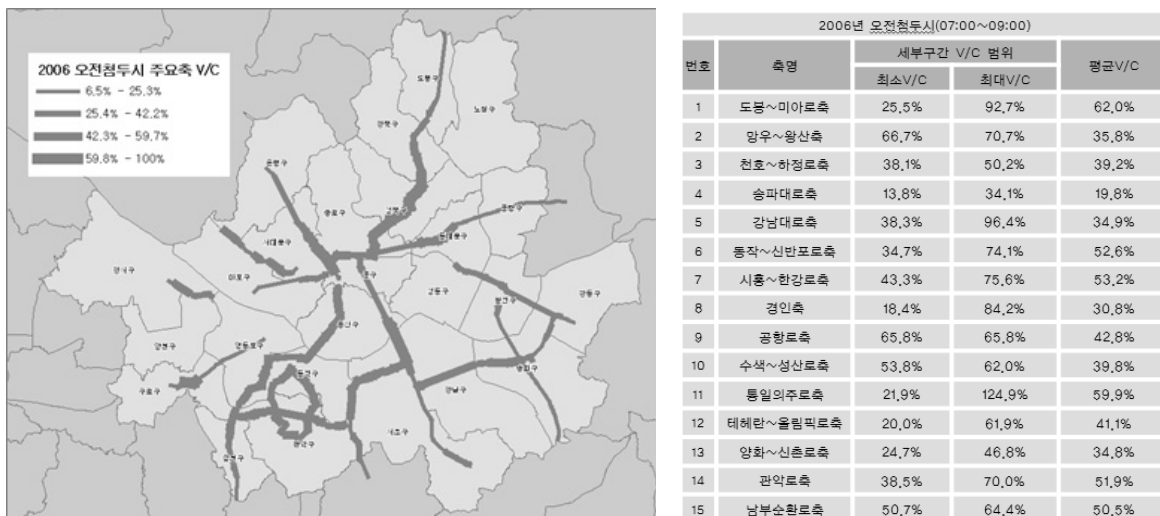
#### 다. 김순관(2013), 교통카드 이용자 통행행태 연계분석 방안

- 교통카드 데이터는 대중교통 이용자의 통행특성을 가장 현실적으로 반영하는 신뢰도 높은 데이터임에도 불구하고, 이용자의 개인정보 및 사회경제지표가 포함되지 않아 데이터 분석 및 활용에 한계가 있었음
- 김순관(2013)은 교통카드 데이터와 연계된 사회기초자료를 검토하여 지역별 공급수준 분석을 위한 대중교통 공급자료를 구축하였음

- 버스출발·도착자료(BMS)와 지하철 열차시각표를 이용하여 행정동별 정류장(역)수 및 운행횟수 등의 수도권 대중교통 공급자료를 구축하고, 이를 기반으로 버스와 지하철의 공급용량이 함께 고려될 수 있는 ‘대중교통 용량공급지수’를 산정하였음
  - 대중교통 용량공급지수=(버스운행횟수×45인/회)+(지하철운행횟수×160인/량×10량)
  - 대중교통 용량공급지수의 값이 클수록 해당 지역에 공급되는 대중교통 용량의 규모가 크다고 할 수 있음
- 인구당 대중교통 공급지표로 대중교통 추가공급 필요성을, 대중교통 공급지수 대비 도착 통행량수준으로 대중교통의 혼잡도를 검토하였음

### 3. 시사점

- 2000년대 이후 지자체 ITS사업의 확산, 2004년 서울시대중교통개편, 교통카드 보급 확대, 수도권대중교통통합요금제 등의 시행으로 Data의 수집이 용이해짐에 따라 서울·수도권을 중심으로 대중교통체계 정비를 위한 다양한 자료가 가공되기 시작됨
  - 서울시 대중교통 기본계획(2007)에서는 BMS자료와 교통카드 통합 GIS 데이터베이스를 구축하였음



<그림 2-11> GIS데이터베이스를 활용한 대중교통망성능평가 (서울시)

자료 : 서울특별시(2007), 서울시 대중교통계획 수립

- 서울시 대중교통 기본계획(2007)에서는 버스이용자 실태 분석을 위해 교통카드 Data를 활용하여 다음과 같은 대중교통망성능평가지표를 산출한바 있음
  - 평균재차인원(1일, 첨두/비첨두시, 운행횟수당)
  - 재차인원·km(노선별/버스유형별-1일/첨두/비첨두)
  - 인·km/대·km(노선별/버스유형별-1일/첨두/비첨두)
  - 총 승차인원/대·km(노선별/버스유형별-1일/첨두/비첨두)
- 우리나라는 서울·수도권은 Data 수집체계가 일정 수준이상으로 정비된 반면, 기타 지역에는 Data 수집 및 관리체계가 미비한 실정임
  - 지금까지 교통카드 Data를 활용한 대중교통개선대책 마련 및 대중교통자료(예: 기종점통행량자료) 구축 연구는 서울과 경기를 중심으로 이루어졌으며, 타 지역에서는 관련 연구가 미흡한 실정임
- 우리나라는 교통카드 보급의 확대와 BIS/BMS등의 대중교통정보시스템 도입으로 대중교통 Data 수집체계가 매우 잘 갖추어져있음
- 그러나 교통카드 Data와 대중교통정보의 수집 주체가 달라, 이들간 자료 공유에 대한 필요성이 높아지고 있음
  - 교통카드 Data는 교통카드사가 제공하는 자료에 의존할 수 밖에 없는데, 기존 교통카드 Data를 활용한 연구는 자료의 양이 방대하여 특정 기간의 Data만을 활용하고 있음
  - 대중교통Data를 활용한 연구가 도시교통서비스 진단 및 개선, 도시교통계획 검토 및 수립을 위한 기초 연구로 활용될 수 있는 점을 감안하여 교통카드 Data와 대중교통정보시스템의 Data를 공유하여 다양한 연구에 활용될 수 있도록 할 필요가

## 제3장 차량주행거리 산정을 위한 분석방법론 설정

---

제1절 차량주행거리 산정의 개요

제2절 차량주행거리 산정방법

제3절 검증 및 민감도 분석방법

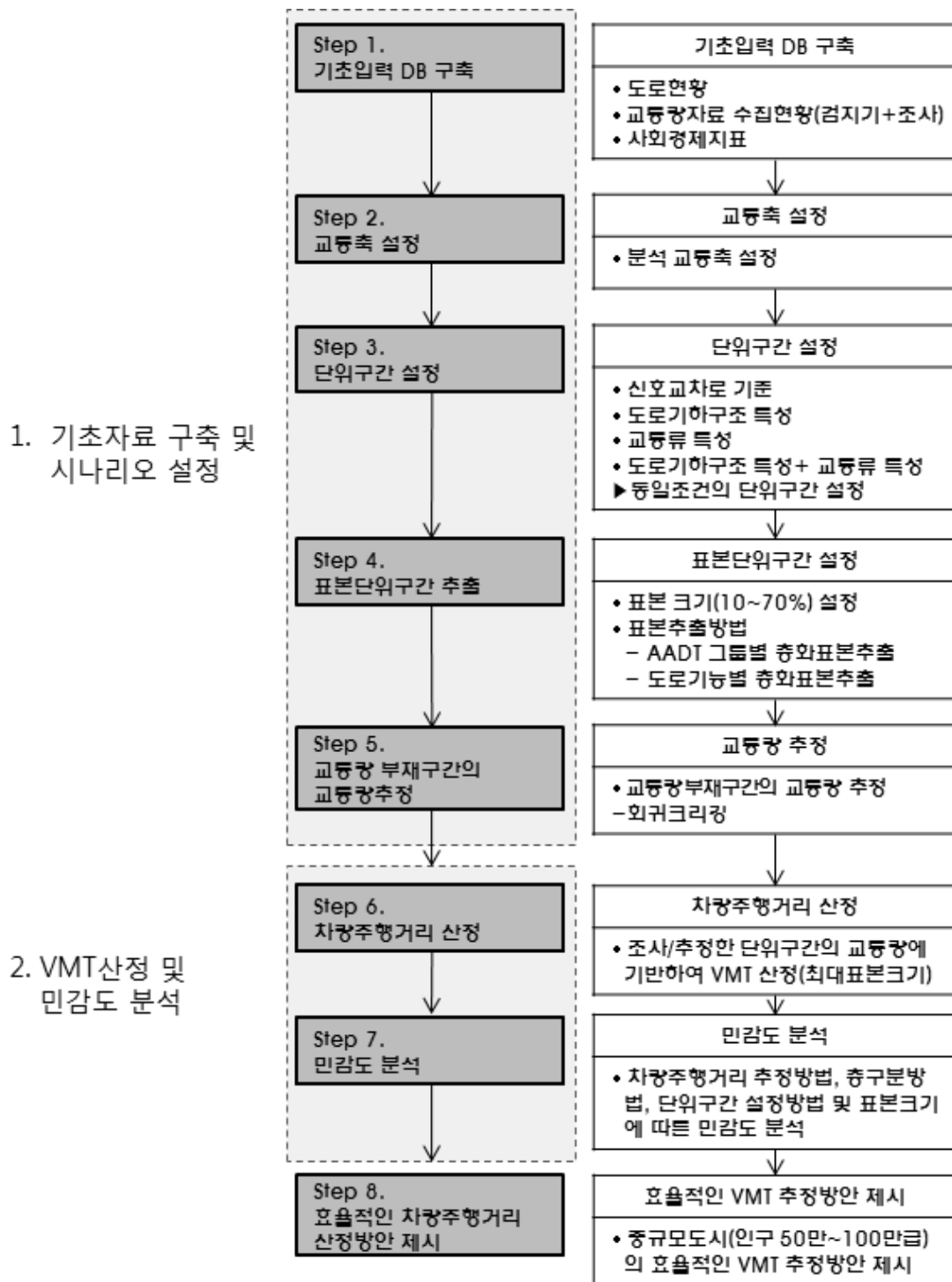




## 제3장 차량주행거리 산정을 위한 분석방법론 설정

### 제1절 차량주행거리 산정의 개요

- 차량주행거리(Vehicle Miles Traveled, VMT)는 도로를 이용하는 모든 차량들이 이동한 거리의 합으로 교통망에 대한 성능을 평가하고 자동차 배기가스 배출량 산정, 대기질 분석, 에너지 소비량 계산, 교통영향평가 등에 광범위하게 사용될 수 있는 지표임
- 차량주행거리를 산정하는 방법은 교통량 자료(traffic counts)를 활용하는 방법과 비교통량 자료(non-traffic counts, 예: 유류소비량, 가구크기, 가구수입, 운전면허 소지자 수 등)를 활용하는 방법으로 구분됨. 기존 연구를 검토한 결과, 일반적으로 교통량 자료를 활용하는 방법에 의한 차량주행거리 산정이 더 정확하다고 알려져 있음 (Kumapley and Fricker, 1996)
  - 교통량 자료를 활용하는 방법은 모든 도로구간에 대한 교통량 자료 확보가 가능할 경우, 현실적인 차량주행거리를 추정할 수 있음
  - 다만, 현실적으로 모든 도로 구간에 대한 교통량 자료 확보가 불가능하기 때문에 차량주행거리 추정의 오차가 발생함
- 따라서 본 연구는 교통량 자료를 활용하여 차량주행거리를 산정하고 불충분한 교통량 자료를 활용하여 차량주행거리를 추정할 경우에 발생할 수 있는 오차발생 원인에 따른 민감도분석을 수행함
  - 차량주행거리 추정의 오차발생 원인은 단위구간 설정표본추출오류(표본크기결정 오류, 표본추출방법 오류), 차량검지기의 교통량 계측오류, 교통량 추정방법의 오류로 구분할 수 있음
  - 다만, 차량검지기 교통량 계측오류를 검증하기 위해서는 차량검지기가 설치된 전 구간에 대한 교통량 조사가 수반되어야 함. 본 연구에서는 차량검지기 교통량 계측오류가 없는 것으로 가정하며 별도의 민감도분석을 수행하지 않음
- 본 연구는 8단계의 차량주행거리 분석방법을 제시하였으며 각 오차발생 원인이 차량주행거리 추정 정확도에 미치는 영향정도를 정량화하여 효율적인 차량주행거리 추정방안을 제시하고자 함



<그림 3-1> 차량주행거리 산정방법 및 절차

## 제2절 차량주행거리 산정방법

### 1. 기초입력 DB 구축

- 대상도시의 차량주행거리 산정을 위해서는 도로연장, 도로위치(X좌표, Y좌표), 차로수와 같은 도로현황 자료와 교통량 자료 수집이 필수적임
- 본 절에서는 차량주행거리 산정을 위한 기초입력 DB 구축방법에 대해 설명하고자 함

#### 가. 도로현황 자료

- 대상도시의 차량주행거리 산정시 도로현황 자료는 국가교통DB센터(KTDB)가 제공하는 교통주제도를 활용함
- KTDB에서는 국가기본수치지도에 도로폭, 차선수, 도로연장, 제한속도 등 도로정보를 담은 국가표준 교통주제도를 제공하고 있음. 교통주제도는 지리정보시스템(GIS)을 기반으로 전국 및 광역권별 대상으로 도로, 철도 등 교통시설의 속성정보를 포함하고 있으며 매년 갱신·보완하여 배포하고 있음

<표 3-1> 교통주제도 제공 목록

구분	설명	비고
교통망	교차로 명칭	-
	노드유형	도로교차점, 도로시종점, 속성변화점, 도로종료점, 행정경계교차점, U-Turn지점, IC 및 IC 지점, 더미노드, 도로시설물
	회전제한	유, 무
	도로등급	고속도로, 도시고속화도로, 일반국도, 특별/광역시도, 국가지원지방도, 지방도, 시군도, 고속국도 연결램프
	차로수	-
	제한속도	-
	도로번호	-
	자동차전용도로 유무	유, 무
	버스전용차로 유무	유, 무
	일방 통행유무	유, 무
	중용정보	-
	교통분석존	대존, 중존, 소존
행정경계	행정구역	시도, 시군구, 읍면동
	시도, 시군구, 읍면동	미분류, 국가 경계, 광역시/도 경계, 시/군/구 경계, 읍/면/동 경계, 기타

자료 : KTDB(2012), 2012년도 교통주제도 설명자료

## 나. 교통량 자료

- 차량주행거리 산정을 위한 교통량 자료는 차량검지기로부터 수집되는 자료, 현장조사 자료 및 도로교통량통계연보로부터 구축함
  - 차량검지기 자료는 지자체별로 구축되어 있는 ITS 시스템을 이용하여 구축함
  - 현장조사 자료는 기 조사한 자료를 연도보정하여 사용하거나 필요시 직접 조사할 수 있음
  - 도로교통량통계연보는 전국 고속국도, 일반국도, 국가지원지방도, 지방도의 교통량을 조사하여 차종별 연평균일교통량(AADT)을 제공하고 있음
  - 대상지점은 2011년 기준 고속국도 483지점, 일반국도 1,587지점(상시조사 484지점, 수시조사 1,103지점), 국가지원지방도 339지점, 지방도 1,144지점임
  - 대상차종은 승용차, 버스, 화물차로 구분하며 세부적으로는 12개 차종으로 구분됨
- 차량주행거리 산정을 위해서는 연평균일교통량(AADT)이 필요하므로 수집·조사한 교통량을 월보정계수, 요일보정계수 및 시간보정계수등을 적용하여 연평균일교통량으로 보정하는 과정이 필요함
- 일반적으로 AADT는 24시간동안 조사된 교통량에 요일별·월별 보정계수를 곱하여 추정함
  - 이 방법은 수시조사지점과 유사한 교통패턴을 갖는 상시조사지점을 찾는 것이 매우 중요하지만 해당 상시조사지점을 찾는 객관적 방법이 존재하지 않음
- 따라서, 본 연구는 6시간동안 조사된 교통량을 활용하여 시간보정계수(HF)를 적용하고 이를 다시 월별, 요일별 보정계수를 적용하여 AADT를 산정함
  - 본 연구에서 적용한 AADT 추정식은 다음과 같음

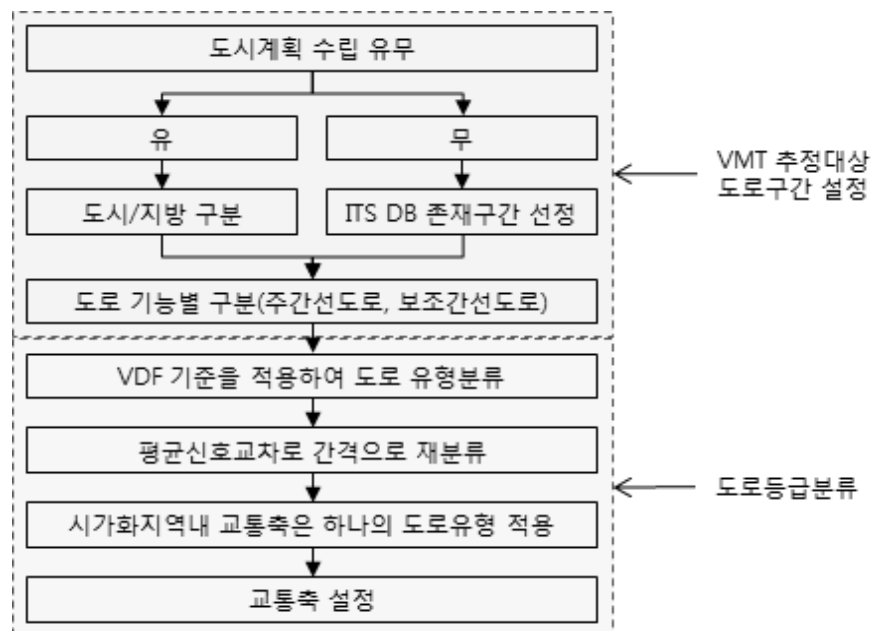
$$AADT_i = Vol_{ijk} \times HF \div MF_j \div DF_k$$

$AADT_i$ : i지점의 AADT 추정값  
 $Vol_{ijk}$ : i지점의 j월, k요일에 조사된 6시간 교통량  
 $HF$ : 시간보정계수(=k요일의 평균 일교통량/6시간 교통량)  
 $MF_j$ : j월의 보정계수(=j월의 평균 일교통량/연평균일교통량)  
 $DF_k$ : k요일의 보정계수(=k요일의 평균 일교통량/평균일교통량)

- 시간보정계수는 교통량수집지점(AADT 추정대상 지점) 인근의 도로기능 및 차로수가 동일하고 차량검지기가 설치되어 상시조사가 가능한 지점의 교통량자료를 이용하여 산정함
- 요일별, 월별 보정계수는 상시조사 가능지점의 전년도 교통량 통계자료를 이용하여 구축해야 함

## 2. 교통축 설정

- 교통축 설정 과정은 차량주행거리 추정대상 도로구간 설정과 도로 등급 분류로 구분됨
- 본 연구에서는 차량주행거리 산정 대상 도로구간 설정은 도시기본계획 유무에 따라 <그림 3-2>와 같이 진행함



<그림 3-2> 교통축 설정 과정

### 가. 차량주행거리 추정대상 도로구간 설정

- 차량주행거리 추정대상 도로구간 설정은 대상도시의 전체 도로구간 중 차량주행거리를 산정하고자 하는 도로를 추출하는 과정임. 대상도시의 차량주행거리 산정은 도시고속도로 및 고속도로, 주간선도로, 보조간선도로를 대상으로 함. 따라서, 대상도시의 도로구간을 기능별(주간선도로, 보조간선도로)로 구분하는 과정이 필요함
- 본 연구에서는 『도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설-일부개정』(국토해양부, 2012)에서 제시하는 도시지역 도로의 개략적 특성에 따라 정량적 구분이 가능하거나 자료구축여부를 감안하여 도로의 기능별 구분기준을 설정함
  - 도로기능별 구분: 설계속도(km/h), 도로 최소폭(m)
  - 도로기능별 구분결과 검증: 도로전체길이에 대한 백분율(%), 배치간격(km)

- 자료구축이 미비하거나 정량화가 어려운 기준은 도로기능 구분에서 제외함. 또한, 지침에서 제시하는 기준과 실제 도로망을 비교할 때 비현실적인 구분기준은 다음과 같음
  - 자료 미구축: 도시전체 교통량에 대한 백분율(%), 노상주차여부, 중앙분리유형, 보도설치여부, 최소차로폭(m)
  - 정량화가 어려운 구분기준: 주기능, 접근관리 수준
  - 비현실적 구분기준: 교차로 최소간격(km)

<표 3-2> 도시지역 도로의 개략적 특성 및 도로기능 구분결과

구분	도시고속도로	주간선도로	보조간선도로	집산도로	국지도로
주기능	우리나라 간선도로망 연결	해당 도시의 간선도로망 구축	주간선도로를 보완함	도시 내 생활권 주요도로망 구축	시점과 종점
도로전체길이 백분율(%)	5~10 (1.49%, 8.85km)		10~15 (3.24%, 19.20km)	5~10 (8.62%, 51.13km)	60~80
도시전체 교통량에 대한 백분율(%)	0~40	40~60		5~10	10~30
배치간격(km)	3.00~6.00 (적합)	1.50~3.00 (적합)	0.75~1.50 (적합)	0.75이하 (적합)	—
교차로 최소간격(km)	1.00	0.50~1.00	0.25~0.50	0.10~0.25	0.03~0.10
설계속도(km)	100	80	60	50	40
노상주차 여부	불허	원칙적 불허	제한적 허용	허용	허용
접근관리 수준	출입제한	강함	보통	약함	적용안함
도로 최소폭(m)		35	25	15	8
중앙분리유형	분리	분리	분리/미분리	비분리	비분리
보도설치여부	설치안함	설치/미설치	설치	설치	설치
최소차로폭(m)	3.50	3.50~3.25	3.25~3.00	3.00	3.00

자료 : 국토교통부(2012), 도로의 구조시설기준에 관한 규칙, 해설 -일부개정-

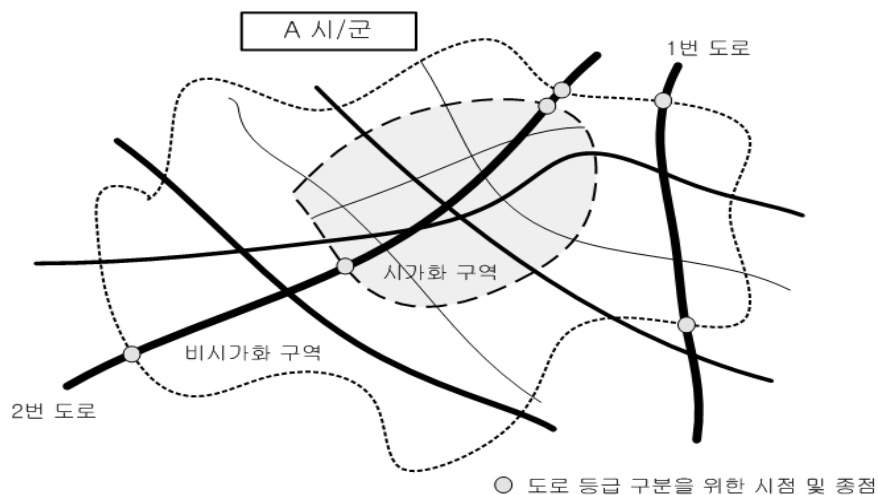
## 나. 도로등급분류

- 도로등급분류는 교통축설정의 마지막 단계로 대상도시의 도로구간을 신호교차로 간격으로 분류하여 도로등급을 부여하는 과정임. 도로등급분류 과정은 다시 <표 3-3>과 같이 3단계로 구분됨
- － 등급재분류 단계는 동일 지역에 있는 동일 교통축상의 도로구간임에도 불구하고 교차로 간격이 달라 도로등급이 달라지는 문제점을 해결하기 위해 평균 신호교차로 간격으로 도로등급을 재분류 하는 단계임

<표 3-3> 도로등급분류 과정

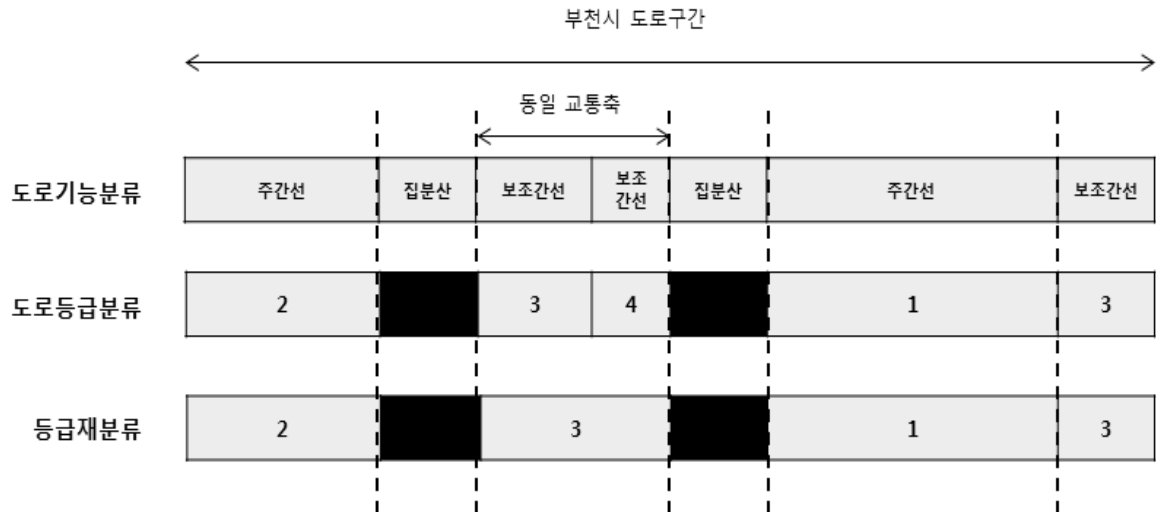
도로등급분류 과정	이용자료	내용
도로기능분류	각종 도시기본계획	－ 대상도시의 도로구간 중 주간선도로 및 보조간선도로만을 추출
도로등급분류	신호교차로 간격	－ 신호교차로 간격에 따른 도로등급분류
등급재분류	평균 신호교차로 간격	－ 동일교통축 상 도로구간은 평균 신호교차로 간격으로 도로등급 재분류

- － 해당지역을 통과하는 도로의 시점부부터 종점부까지의 평균 신호교차로 간격으로 도로의 등급을 구분함. 단, 해당 지역이 시가화 구역<sup>1)</sup>을 포함하고 있는 경우, 도로의 시점 및 종점부를 시가화 구역 시점부터 종점기준으로 재계산함



<그림 3-3> 도로 등급 구분을 위한 시점 및 종점 개념도

1) 시가화 구역: 도시기본계획의 용도지역상 주거, 상업, 공업지역으로 구분된 구역



<그림 3-4> 도로등급분류 과정 예시

- 도로 등급 구분을 위해 <표 3-4>와 같이 국가교통조사 사업에서 사용하고 있는 VDF 기준을 적용함

<표 3-4> 도로 유형 분류

구분		차로 구분	링크 교차로 밀도	평균 교차로 간격(km)
고속국도		2차로	-	-
		3차로 이상		
도시고속도로		2차로	-	-
		3차로 이상		
국도/ 국지도/ 지방도/ 광역시도/ 시군도	1등급	1차로	0.0~0.3	3.3 이상
		2차로 이상		
	2등급	1차로	0.3~0.7	1.4 ~ 3.3
		2차로 이상		
	3등급	1차로	0.7~1.0	1 ~ 1.4
		2차로 이상		
	4등급	1차로	1.0~2.0	0.5 ~ 1
		2차로 이상		
	5등급	1차로	2.0~4.0	0.25 ~ 0.5
		2차로 이상		
	6등급	1차로	4.0 이상	0.25 미만
		2차로 이상		

주 : 링크 교차로 밀도 = 1/교차로간 연장(km)



### 3. 단위구간 설정

#### 가. 단위구간 설정 방법

- 단위구간: 차량주행거리를 산정하기 위해 사용되는 가장 기초적인 도로구간
- 본 연구는 자료구축 여부, 적용 용이성을 감안하여 선행연구 검토를 통해 단위구간 설정기준을 List-up 하고 상관관계 분석을 통해 최종적 단위구간 설정기준을 제시함
- 미국 HPMS는 단위구간을 해당도로의 AADT, 도로기능 분류, 도시화구분, 직진차로수, Facility Type이 동질한 특성을 갖는 구간으로 설정함

<표 3-5> 미국 HPMS의 단위구간(Table of Potential Samples, TOPS) 선정기준

구분	구분기준
AADT(대/일)	1. 500 미만, 2. 500~1,999, 3. 2,000~4,999, 4. 5,000~9,999, 5. 10,000~19,999, 6. 20,000~34,999, 7. 35,000~54,999, 8. 55,000~84,999, 9. 85,000~124,999, 10. 125,000~174,999, 11. 175,000~249,999, 12. 250,000 이상
Functional System	1. 주간 고속도로, 2. 주간선도로(고속도로 및 도시고속도로), 3. 주간선도로, 4. 보조간선도로, 5. 주집산도로, 6. 보조집산도로, 7. 국지도로(Local)
Through Lanes	차로수 입력
Urban Code	1. Rural , 2. Urban
Facility Type	1. 일방통행도로, 2. 양방통행도로, 3. Couplet(Parallel Roadways), 4. 램프, 5. 부도로(램프제외), 6. 기타 도로(연장 산정 시 포함되지 않는 도로)

자료 : FHWA(2013)), Highway Performance Monitoring System Field Manual

- <표 3-6>은 선행연구 고찰을 통해 단위구간 설정시 자료구축 여부, 적용 용이성 등을 파악한 결과로 자료 중 일부 구축 및 활용이 가능한 수준인 “△” 이상을 단위구간 설정기준으로 채택하였음
  - 도로 기하구조 특성: 도로변 토지이용특성, 도로유형, 도로기능, 차로수(왕복), 주간선도로 접촉 여부, 제한속도(km/h)
  - 교통류 특성: 연평균 일교통량(AADT), 통행속도(km/h)
  - 도로기하구조특성에 따른 분류/ 교통류 특성에 따른 분류/ 도로기하구조 특성+교통류 특성에 따른 분류 등 특성이 동일한 조건으로 단위구간을 설정함

&lt;표 3-6&gt; 단위구간 설정 기준 리스트

선정기준		자료구축 여부 (○: 모두구축, △: 일부구축, ×: 미구축)	적용용이성 (○: 적용가능, △: 일부가능, ×: 불가)	본 연구
도로 기하구조 특성	도로변 토지이용특성	○ (도시기본계획)	○	1. 상업용지, 2. 주거용지 3. 공업용지, 4. 기타용지
	도로유형 (평균 신호교차로 간격 기준)	○ (전자지도 및 주제도)	○	1. 고속도로 및 도시고속도로 2. 1등급, 3. 2등급, 4. 3등급 5. 4등급, 6. 5등급, 7. 6등급
	도로기능	○ (도시기본계획)	△ (일부 도시는 기능별구분 ×)	1. 고속도로 및 도시고속도로, 2. 주간선도로, 3. 보조간선도로
	차로수(왕복)	○ (전자지도 및 주제도)	○	1. 2차로, 2. 4차로, 3. 6차로 4. 8차로 이상
	주간선도로 접촉여부	○ (전자지도 및 주제도)	○	1. 접촉 2. 미접촉
	제한속도(km/h)	○ (전자지도 및 주제도)	○	1. 60km/h 미만, 2. 60km/h 미만 3. 80km/h 미만, 4. 90km/h 미만 5. 90km/h 이상
교통류 특성	AADT(대/일) (그룹별)	△ (차량검지기 및 현장조사)	○	1. 10,000 미만 2. 10,000 이상 ~ 15,000 미만 3. 15,000 이상 ~ 20,000 미만 4. 20,000 이상 ~ 30,000 미만 5. 30,000 이상 ~ 40,000 미만 6. 40,000 이상 ~ 60,000 미만 7. 60,000 이상
	통행속도(km/h) (그룹별)	△ (차량검지기)	○	1. 40km/h 미만 2. 40km/h 이상 ~ 45km/h 미만 3. 45km/h 이상 ~ 50km/h 미만 4. 50km/h 이상 ~ 55km/h 미만 5. 55km/h 이상 ~ 60km/h 미만 6. 60km/h 이상 ~ 70km/h 미만 7. 70km/h 이상

## 나. 단위구간 설정 기준

- 단위구간 설정 기준 리스트에서 대상도시의 차량주행거리 산정을 위해 단위구간을 설정할 때에는 대상도시 현황에 맞는 단위구간 설정기준을 선정하여야 함
- 단위구간 설정기준(독립변수)과 신호교차로 기준 150개 구간별 교통량(종속변수)간의 상관관계 분석을 통한 주요변수를 선정하였으며, 선정된 독립변수간의 상관관계 분석을 통하여 최종적인 단위구간 설정기준을 적용함
- 변수간의 상관관계는 상관계수로 나타나며, 상관계수는 변수의 수준(명목, 서열, 등간변수 등)에 따라 다르게 적용됨

<표 3-7> 변수 수준별 상관계수의 산출통계방법

변수 수준	상관계수의 산출통계방법
두 개의 명목변수	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guttman의 예언계수 (Guttman's Coefficient of Predictability, <math>\lambda</math>)</li> <li>- Yule의 Q계수(Yule's Q)</li> <li>- Yule의 Y계수(Yule's Y)</li> <li>- Pearson의 C계수(Pearson's C)</li> <li>- Tschuprow의 T계수(Tschuprow's T)</li> <li>- 파이계수(<math>\phi</math>)</li> <li>- 사분상관계수(Tetrachoric Correlation Coefficient)</li> </ul>
두 개의 서열변수	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Goodman과 Kruskal의 서열상관계수 (Goodman and Kruskal's Coefficient of Ordinal Association, <math>\gamma</math>)</li> <li>- Kendal의 타우계수(Kendal's <math>\tau</math>)</li> <li>- Spearman의 순위상관계수(Spearman's <math>\rho</math>)</li> <li>- Flanagan의 상관계수(Flanagan's Coefficient of Correlation)</li> </ul>
두 개의 등간변수	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pearson의 적률상관계수(Pearson's <math>\gamma</math>)</li> <li>- 상관비(Correlation Ratio, <math>\eta^2</math>)</li> <li>- 곡선상관계수(Coefficient of Curvilinear Correlation)</li> </ul>
명목변수와 서열변수	- Freeman의 차별상관계수(Freeman's $\theta$ )
명목변수와 등간변수	- 상관비 $\eta^2$ 계수
서열변수와 등간변수	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jaspens의 다분상관계수 (Jaspens's Coefficient of Multiserial Correlation, M)</li> <li>- Peters와 Van Voorhis의 다류상관계수 (Peters and Van Voorhis's Point-Multiserial Correlation)</li> <li>- 양분상관계수(Biserial Correlation, <math>\gamma_{bis}</math>)</li> <li>- 양류상관계수(Point-Biserial Correlation, <math>\gamma_{pb}</math>)</li> </ul>

#### 1) 단위구간 설정기준(독립변수)과 교통량(종속변수)간 상관관계 분석

- 본 연구는 단위구간 설정기준(독립변수)과 교통량(종속변수)간의 상관관계를 상관비(Correlation Ratio,  $\eta$ )를 활용하여 분석함
- 상관비는 독립변수가 명목변수이고, 종속변수가 등간변수 일 경우 활용되는 상관계수임. 산정식은 다음과 같음

$$\eta^2 = \frac{\sum_i n_x (\bar{y}_x - \bar{y})^2}{\sum_{x,i} (y_{xi} - \bar{y})^2}$$

$\eta^2$ : 상관비(Correlation Ratio)

$n_x$ : 범주  $x$ 의 빈도수

$\bar{y}_x$ : 범주  $x$ 의 평균

$\bar{y}$ : 모집단의 평균

#### 2) 단위구간 설정기준(독립변수)간 상관관계 분석

- 단위구간 설정기준(독립변수)과 교통량(종속변수)간의 상관관계 분석결과를 토대로 상관계수가 0.4 이상인 변수를 주요변수로 설정하여 단위구간 설정기준(독립변수)간 상관관계를 분석해야 함
- 단위구간 설정기준(독립변수)간 상관관계는 Kendal의 타우계수(Kendal's  $\tau$ )를 활용하여 분석함

### 4. 표본단위구간 추출

#### 가. 표본크기

- 표본크기는 전체 단위구간수의 10%, 20%, 30%, 50%, 70%, 90%로 설정함

#### 나. 표본추출방법

- 표본추출방법은 확률 추출방법과 비확률 추출방법으로 구분됨. 표본추출 방법의 종류 및 특징은 <표 3-8>과 같음

&lt;표 3-8&gt; 표본추출방법의 종류 및 특성

구분		특성
확률 표본 추출	단순무작위추출 (simple random sampling)	-모집단 구성요소가 표본으로 추출될 확률이 동일하다는 점을 이용해 난수표를 통해 표본을 추출 -단점: 모집단에 대한 연구자의 지식이 반영되기 어려우며, 표본 오차가 상대적으로 크기 때문에 큰 표본이 필요
	층화표본추출 (stratified sampling)	-모집단을 복수의 상호배타적 집단으로 분류하고 각 집단 내에서 무작위로 추출 -단점: 층의 구분을 위해 많은 사전 정보가 요구되며, 단계가 복잡한 경우 오히려 표본오차가 커질 수 있음
	군집표본추출 (cluster sampling)	-모집단의 구성요소가 군집화되어 있을 경우 군집을 단위로 추출한 후 추출된 군집에서 표본을 추출 -단점: 표본오차가 커질 가능성이 높으며 표본을 구성하는 표본요소간에는 이질적인 특성을 가져야 함
	계통표본추출 (systematic sampling)	-단순무작위추출의 변형으로 최초 표본단위는 무작위로 추출하고 나머지는 일정한 간격을 두고 선택 -단점: 모집단 배열에 일정한 주기성이 있을 경우 대표성에 문제 발생 가능
비확률 표본 추출	임의표본추출 (convenience sampling)	-손쉽게 추출 가능한 대상에서만 표본 추출 -단점: 대표성측정불가, 외적타당성이 낮음
	할당표본추출 (quota sampling)	-모집단의 특성을 고려하여 층을 구분하고, 각 층별 구성원의 규모에 비례하여 표본할당 -단점: 무작위성을 보장할 장치가 없음
	유의표본추출 (purposive sampling)	-연구자의 지식에 따라 주관적 판단에 의해 표본을 추출 -단점: 표본의 대표성을 확보하기 어려움
	연속적표본추출 (sequential sampling)	-표본의 모집단 대표성을 검토하여 주기적인 추출로 매우 경제적이거나 일정 규모 이상의 표본이 필요
	snowball sampling	-특정대상을 조사한 후 이 응답자로부터 동일 특성을 가진 집단을 소개받아 조사하는 방법으로 일반적인 표본추출로는 어려울 경우에 활용

- 차량주행거리 산정시 단위구간의 표본추출방법은 일반적으로 활용되는 방법인 층화표본 추출방법(Stratified Random Sampling)을 적용함
- 층화표본 추출방법(Stratified Random Sampling)의 층은 대상도시의 교통량자료 확보율(%)에 따라 AADT 그룹별, 도로기능별로 구분함
  - 대상도시의 전체 단위구간 대비 교통량자료 확보율이 80%미만일 때는 도로 기능에 따른 3개층(고속도로 및 도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로)으로 구분함
  - 대상도시의 전체 단위구간 대비 교통량자료 확보율이 80%이상일 때는 AADT 그룹별 5~10개층으로 구분함. 층의 개수는 대상도시의 검지기 설치 현황, 조사예산 등을 고려해서 선정해야 함

- 층별 표본배분방법은 층 구분 결과, 각 층에서 추출하는 표본수를 산정하는 방법임. 층별 표본배분방법은 교통량 자료를 이용한 층별 AADT의 변동계수(Coefficient of Variation)의 산정가능여부에 따라 구간수 비례배분법과 층별 AADT 변동계수를 고려한 표본배분방법으로 구분함
  - 층별 AADT 변동계수의 산정이 불가능할 때는 구간수비례 배분법을 적용함
  - 층별 AADT 변동계수의 산정이 가능할 때는 AADT 변동계수를 고려한 표본배분방법을 적용함

<표 3-9> 층 구분 및 층별 표본배분방법

구분	층 구분	추출단위	층별 표본배분방법
AADT 그룹	- 5개층 ~ 10개 층 구분	- 각 층별 단위구간	- 구간수 비례배분법 적용
도로기능	1. 고속도로 및 도시고속도로, 2. 주간선도로 3. 보조간선도로		

- 구간수 비례배분법을 이용한 층별 표본크기 산정식은 다음과 같음

$$n_h = n \frac{N_h}{N} = n W_h$$

$n_h$ : 층  $h$ 의 표본크기

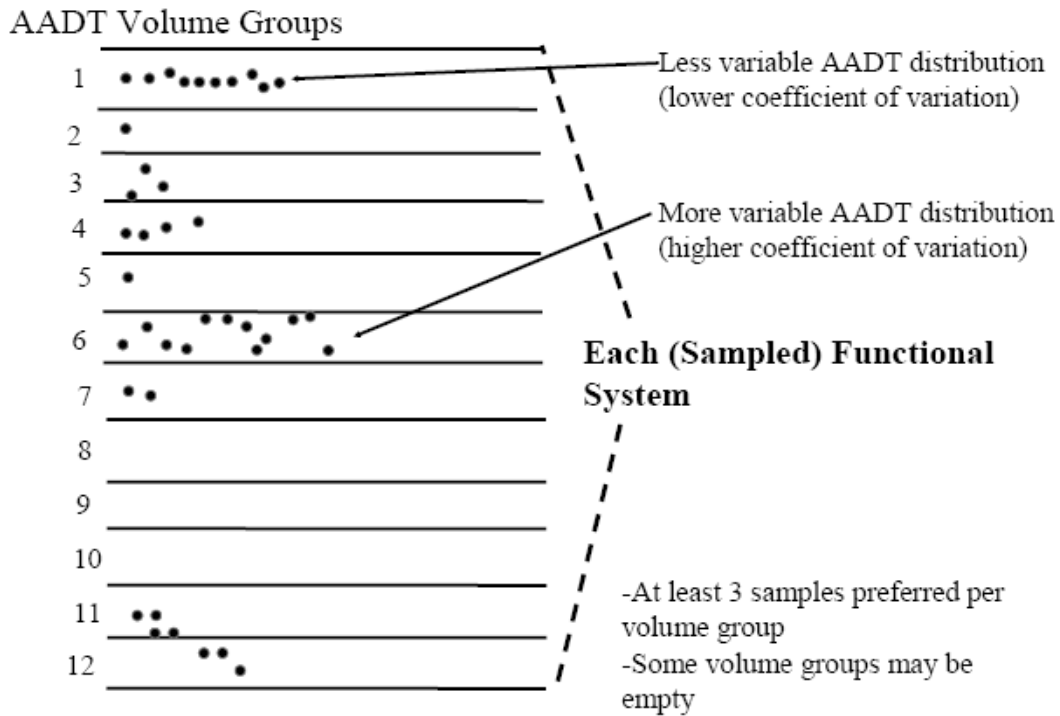
$n$ : 전체 표본크기

$N_h$ : 층  $h$ 내의 추출단위 총수

$N$ : 전체 추출단위 총수

$W_h$ : 추출 표본율

- 층별 AADT 변동계수를 고려한 표본배분방법을 이용한 층별 표본크기 산정식은 미국 HPMS의 방법론을 적용함. 미국 HPMS에서는 <그림 3-5>와 같이 도로 전체구간을 12개 AADT 그룹으로 구분하여 각 층별 AADT의 변동계수를 고려한 층별 표본수를 산정하고 있음



<그림 3-5> 미국 HPMS의 층별 표본배분방법

자료 : FHWA(2013), Highway Performance Monitoring System Field Manual

- 층별 표본수 산정식은 다음과 같음

$$n = \frac{\left( \frac{Z^2 C^2}{d^2} \right)}{1 + \left( \frac{1}{N} \right) \left( \left( \frac{Z^2 C^2}{d^2} \right) - 1 \right)}$$

여기서,

- n: 최소표본크기
- Z: 신뢰수준(Confidence Level)
- C: AADT 변동계수(Coefficient of Variation)
- d: 목표 정확도(precision rate)
- N: 해당 층의 총 단위구간수

## 5. 교통량 부재구간의 교통량추정

- 차량주행거리 추정을 위해 교통량 부재구간의 교통량추정은 필수적이며 본 연구에서는 회귀 크리깅을 이용하여 이를 추정함
- 본 연구에서는 회귀크리깅의 회귀식 추정 시 SPSS를 이용하였으며, 회귀크리깅의 잔차 크리깅은 SAS를 이용함(부록 참조)

### 가. 공간통계기법

- 공간통계기법은 공간적 또는 시간적으로 분포하는 물리적 현상이나 자료의 분석을 적용할 수 있는 통계학의 한 분야임
- 공간통계기법 중 대표적인 방법으로 크리깅(Kriging)은 관심 있는 지점에서 특성 값을 알기 위해 이미 값을 알고 있는 주위 값들의 선형조합으로 그 값을 예측하는 기법임
  - 가중치는 주위에 알려진 값들의 상호거리와 상관관계에 따라 결정됨
  - 가중치 결정을 위해 예측값과 참값 사이의 오차가 최소가 되도록 하며(minimum variance), 많은 경우에 추정값이 편향되지 않아야(unbiased) 한다는 조건을 추가로 사용함

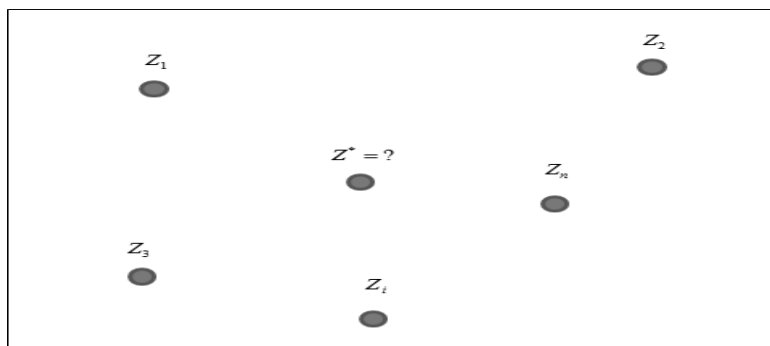
$$z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i z_i$$

$z^*$ : 위치가 알려진 지점에서 크리깅을 이용한 예측값

$z_i$ : 이미 알고있는 주위의 자료값

$\lambda_i$ : 각 자료의 가중치

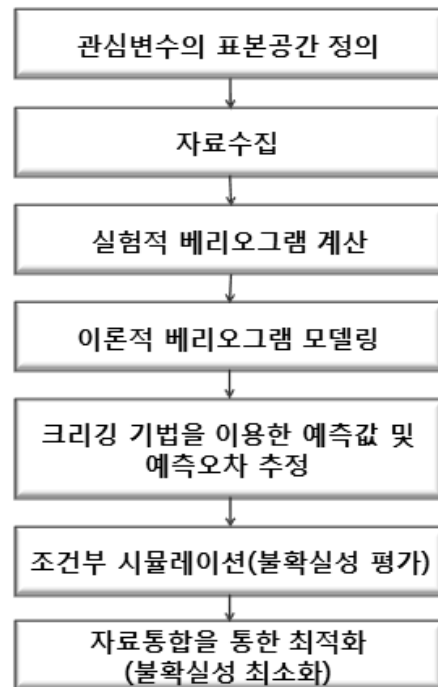
$n$ : 크리깅 예측을 위해 사용한 자료의 총 개수



<그림 3-6> 주어진 자료값( $z_i$ )의 위치와 예측지점값( $z^*$ )



- 공간통계기법 적용과정은 <그림 3-7>과 같이 요약할 수 있음



<그림 3-7> 공간통계기법 적용과정

#### 1) 관심변수의 표본공간 정의

- 본 연구의 목적은 지역 내 차량주행거리(VMT) 추정이므로 지역내 도로망을 대상으로 표본공간을 설정함
- 공간통계기법 적용 시 표본의 기본단위인 단위구간의 설정이 필요함
  - 단위구간은 차량주행거리를 산정하기 위해 사용되는 가장 기초적인 도로의 구간분류 단위이며, 동일 단위구간은 도로의 물리적인 측면과 운영측면에서 동질적인 구간으로 정의할 수 있음

#### 2) 자료수집

- 공간통계기법에 사용하는 교통량 자료는 차량검지기 교통량 자료, 현장조사 교통량자료 및 도로교통량통계연보 자료를 이용함
- 앞서 선정한 단위구간에 대한 공간정보 및 도로 특성자료는 KTDB에서 제공하는 교통주제도를 활용하여 구축함

- 도로의 특성을 나타내는 설명변수들은 해당 지점의 교통축, 도로기능, 신호교차로 밀도, 차로 수, 제한속도(km/h), 도로변 토지이용특성, 주간선도로 접촉여부 및 AADT 그룹으로 선정함

<표 3-10> 공간통계기법 적용을 위한 자료수집

구분	내용
공간정보	-경도, 위도(교통주제도 도로 중심선 기준, Katech 좌표체계)
도로특성	-교통축 -도로기능: 고속도로 및 도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로 -도로유형: 고속도로, 1등급, 2등급, 3등급, 4등급, 5등급, 6등급 -차로수: 2차로, 4차로, 6차로, 8차로, 10차로 이상 -제한속도(km/h): 60km/h미만, 70km/h미만, 80km/h미만, 90km/h미만, 90km/h이상 -도로변 토지이용특성: 상업용지, 주거용지, 공업용지, 기타용지 -주간선도로 접촉여부: 접촉, 비접촉 -AADT 그룹:

### 3) 실험적 베리오그램(experimental variogram) 계산

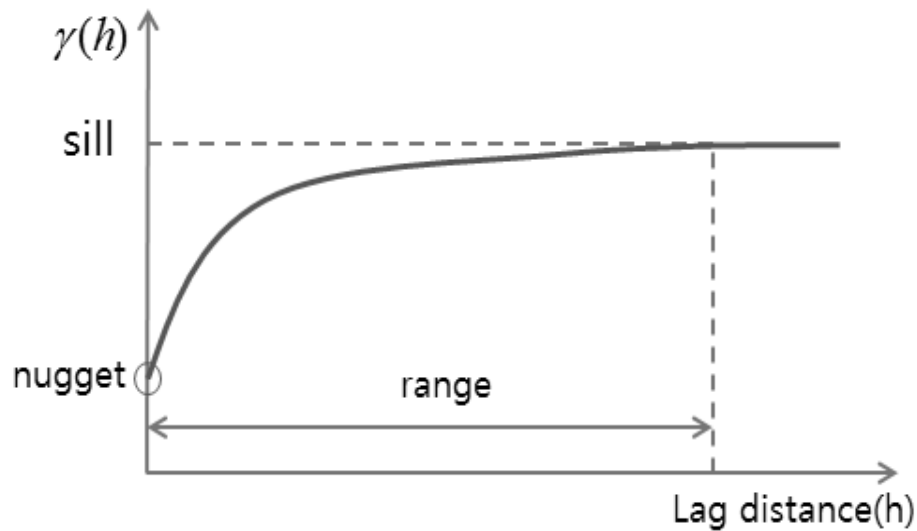
- 베리오그램(variogram)은 일정한 거리에 있는 자료의 유사성을 나타내는 척도로 다음 식과 같이 정의됨. 베리오그램은 분리거리  $h$ (lag distance)만큼 떨어진 두 자료들간의 차이를 제공한 것의 기대값임

$$2\gamma(h) = E[(z(x) - z(x+h))^2]$$

- 반베리오그램(semi-variogram)은 베리오그램의 반에 해당하는 값이며 분리거리  $h$ 만큼 떨어진 자료수가  $n$ 개일 때, 다음과 같이 계산할 수 있음

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z(x_i+h)]^2$$

- 문턱값(sill): 자료들이 상관관계를 나타내지 않는 일정한 반베리오그램값
- 상관거리(range): 자료들이 상관관계를 보이는 최대 분리거리
- 너깃(nugget): 분리거리가 0일 때 나타날 수 있는 상수값



<그림 3-8> 일정한 문턱값을 갖는 전형적인 반베리오그램

- 실험적 베리오그램은 주어진 자료로부터 계산된 베리오그램이며 이를 가장 잘 대표하는 이론적 베리오그램을 추정함

#### 4) 이론적 베리오그램(theoretical variogram) 모델링

- 실험적 베리오그램으로부터 주어진 자료의 특성을 가장 잘 반영하는 이론적 베리오그램을 찾아내는 것은 매우 중요함
  - 시각적 판단 및 경험을 통한 베리오그램 모델링과 가중최소자승법(weighted least square method)을 사용할 수 있음
- 이론적 Variogram은 구형모델(spherical model), 지수모델(exponential model), 가우시안 모델(gaussian model) 등이 있음. 본 연구의 이론적 Variogram 모델은 일반적으로 가장 많이 사용되는 구형모델을 활용함. 산정식은 다음과 같음

$$\gamma(h) = Sph_a(h)$$

$$\gamma(h) = C_0 Sph_a(h) = \begin{cases} C_0 \left[ 1.5 \left( \frac{h}{a} \right) - 0.5 \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right], & \text{for } h \leq a \\ C_0, & \text{for } h > a \end{cases}$$

$\gamma(h)$ : Variogram (데이터간 공간적 유사성 척도)

$C_0$ : 공간적 자기상관성이 나타나지 않는 한계지점(문턱값, Sill)

$a$ : 표본지점들간 공간적 의존성이 나타나는 거리(상관거리, Range)

$h$ : 데이터간의 공간적 거리(분리거리)

##### 5) 크리깅기법을 이용한 예측값 및 예측오차 추정

- 공간통계기법 중 대표적인 방법으로 크리깅(kriging)은 관심있는 지점에서 특성값을 알기 위해 이미 값을 알고 있는 주위값들의 가중선형조합으로 그 값을 예측하는 기법임

$$Z = \sum_{i=1}^n \lambda_i z_i$$

$Z$ : Kriging 기법에 의한 추정값

$z_i$ : 위치  $x_i$ 에서의 관측값

$\lambda_i$ : 사용된 관측값들의 가중치

$n$ : 관측값의 개수

- Kriging 기법을 적용하기 위해서는 관심있는 변수에 대한 표본공간을 정의해야 하며, 자료들간의 공간적 상호관계의 파악이 선행되어야함. 자료들간의 공간적 상호관계는 Variogram을 통해서 정량화 할 수 있음. Kriging 기법을 적용하는 과정을 요약하면 다음과 같음
  - Step 1. 관심있는 변수의 표본공간을 정의함
  - Step 2. 표본공간 내 자료 수집
  - Step 3. 표본공간의 자료를 이용하여 실험적 Variogram을 도출함
  - Step 4. 실험적 Variogram을 가장 잘 묘사하는 이론적 Variogram을 도출함
  - Step 5. 주어진 자료와 Variogram을 이용하여 Kriging 기법을 통해 미지의 값을 추정함

#### 나. 회귀크리깅(Regression Kriging)

- 회귀크리깅은 공간통계기법의 한 방법으로서 설명변수로 설명가능한 공간적인 경향성을 회귀식으로 추정하고 잔차(residual)에 대해서 크리깅을 이용하는 방법임
- Ahmed and de Marsily(1987)이 처음으로 이러한 개념을 연구에 도입한 후 Odel et al(1994)가 회귀크리깅(Regression-Kriging)이라는 이름으로 모형에 명칭을 부여하였음
- 공간통계기법을 이용하여 공간상에서 발생하는 다양한 현상의 패턴을 모형화 할 때, 공간적 자기상관성이 존재할 경우 예측값이 편향(biased)될 수 있음
- 일반적으로 Kriging 기법은 자료에 공간적인 경향성이 없을 때, 즉 약한 불변성(weak stationarity)을 가정하고 있는 단순크리깅(simple kriging) 및 정규크리깅(ordinary kriging)이 있음
- 한편, 자료의 공간적인 경향성을 고려한 모형으로 최근 두 개 이상의 보간법을 결합한 하이브리드 모형이 있음(McBratney et al., 2000).
- Heng et al.(2003)은 모형의 설명변수에 따라 하이브리드 모형을 세 가지 유형으로 구분함
  - 경향성을 모형화 할 때 다른 보조변수의 이용 없이 표본지점의 좌표만을 이용하는 경우 일반 크리깅(universal kriging)으로 구분함
  - 또한, 경향성을 모형화 할 때 좌표값만이 아닌 다른 변수를 활용하면 이를 외부 추이를 이용한 크리깅(kriging with external drift, KED)이라 함. 외부 추이를 이용한 크리깅은 표본 자료로부터 일반화최소제곱(generalized least, square, GLS)을 통해 생성된 회귀식을 이용하여 한꺼번에 공간 예측을 수행함
  - 경향성과 잔차(residual)의 추정이 개별적으로 이루어진 다음 결과를 통합하여 예측하는 방법은 회귀크리깅(regression kriging)으로 구분함. 회귀크리깅은 회귀모형과 크리깅모형을 결합하여 추정치의 정확도를 향상시킬 수 있음
- 회귀크리깅은 회귀 접근법과 크리깅을 결합한 것이라 할 수 있으며, 설명가능한 변이를 회귀기법으로 적합한 후 잔차, 즉 설명되지 않은 변이에 대해서 기대값이 0인 단순크리깅을 이용하여 내삽하는 방법임
- 회귀크리깅은 크리깅 가중치를 결정할 때 보조변수를 예측변수로 직접 사용하며, 일반크리깅이나 외부 추이를 이용한 크리깅과 내삽 방법 측면에서는 수학적으로 동일하다고 할 수 있음

$$\hat{z}(s_0) = \hat{m}(s_0) + \hat{e}(s_0)$$

$$= \sum_{k=0}^p \hat{\beta}_k \cdot q_k(s_0) + \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot e(s_i)$$

$\hat{z}(s_0)$ :  $s_0$  지점에서의 회귀크리깅 예측값

$\hat{m}(s_0)$ : 적합된 추이(drift)

$\hat{e}(s_0)$ : 내삽된 잔차

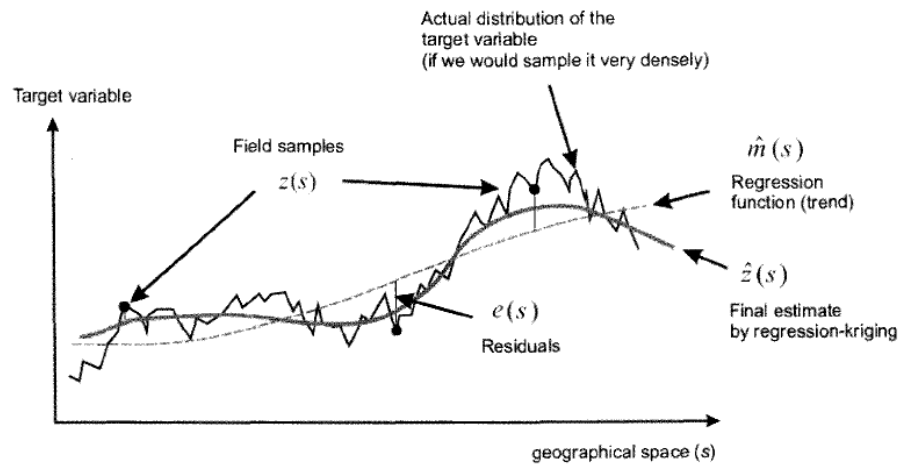
$q_k(s_0)$ :  $s_0$  지점에 대한 독립변수의 값

$\hat{\beta}_k$ : 추정된 회귀모형의 계수

$p$ : 독립변수의 개수

$\lambda_i$ : 잔차의 공간적 의존 구조를 반영한 크리깅 가중치

$e(s_i)$ : 표본 위치( $s_i$ )에서의 잔차값



<그림 3-9> 회귀크리깅 모형 개념도

○ 회귀크리깅의 적용과정은 <그림 3-10>과 같음

Step 1.	단위구간 설정 (HPMS와 동일)	- 단위구간 구분기준에 따라 도로의 기능이 동질한 구간으로 구분 - 단위구간 구분기준의 속성이 동질한 구간을 VMT 추정시 단위구간으로 설정
Step 2.	회귀모형 구축	- 상관관계 분석을 통해 유의한 설명변수 선택 - 최적 회귀식 도출
Step 3.	잔차 생성	- 잔차 = (조사교통량 - 회귀식 교통량 추정결과)
Step 4.	실험적 베리오그램	- 주어진 자료로부터 실험적 베리오그램 계산
Step 5.	이론적 베리오그램	- 실험적 베리오그램을 가장 잘 대표하는 이론적 베리오그램 추정
Step 6.	교통량 부재구간의 교통량 추정	- 교통량 부재구간의 교통량 = (회귀식 교통량 추정결과 + Kriging Estimate)
Step 7.	VMT 산정	- 지역내 차량주행거리 (VMT) = $\sum (AADT_i \times \text{도로연장 (km)})$

<그림 3-10> 회귀크리깅을 이용한 차량주행거리 산정과정

&lt;표 3-11&gt; 공간통계기법 기법 종류 및 특성

구분	가중치 산정	적용변수	계산과정
Simple Kriging	-오차분산을 최소화하는 가중치 산정 -단점: 추정식이 편향되어 추정식의 평균이 모집단의 평균과 일치하지 않는 문제점 발생	-공간적 상호관계가 뚜렷한 단일변수 사용 -단점: 단일변수 사용으로 인한 추정결과의 불확실성이 상대적으로 높음	단순
Ordinary Kriging	-추정식이 편향되지 않으면서 오차분산을 최소화 하는 가중치 산정	-공간적 상호관계가 뚜렷한 단일변수 사용 -단점: 단일변수 사용으로 인한 추정결과의 불확실성이 상대적으로 높음	보통
Co-Kriging	-추정식이 편향되지 않으면서 오차분산을 최소화 하는 가중치 산정	-공간적 상호관계가 뚜렷한 두가지 이상의 변수 사용 (대부분 두가지 변수 활용) -단점: 계산과정이 복잡해짐	복잡
Regression Kriging	-추정식이 편향되지 않으면서 오차분산을 최소화 하는 가중치 산정	-설명변수로 설명가능한 공간적인 경향성을 회귀식으로 추정하고 잔차(residual)에 대해서 크리깅을 이용	보통

## 6. 차량주행거리 산정

- 차량검지기, 현장조사 및 도로교통량통계연보를 이용하여 수집된 교통량 및 공간통계기법을 통해 추정된 교통량을 활용하여 도로기능별·도로등급별·차종별 차량주행거리 자료를 산정해야 함. 차량주행거리 산정식은 다음과 같음

$$\text{차량주행거리}(VMT) = \sum_{t=1}^n \sum_{k=1}^3 (V_{tk} \times AD_{tk})$$

$V_{tk}$  : 링크별·차종별 교통량(대/일)

$AD_{tk}$  : 링크별·차종별 연장(m)

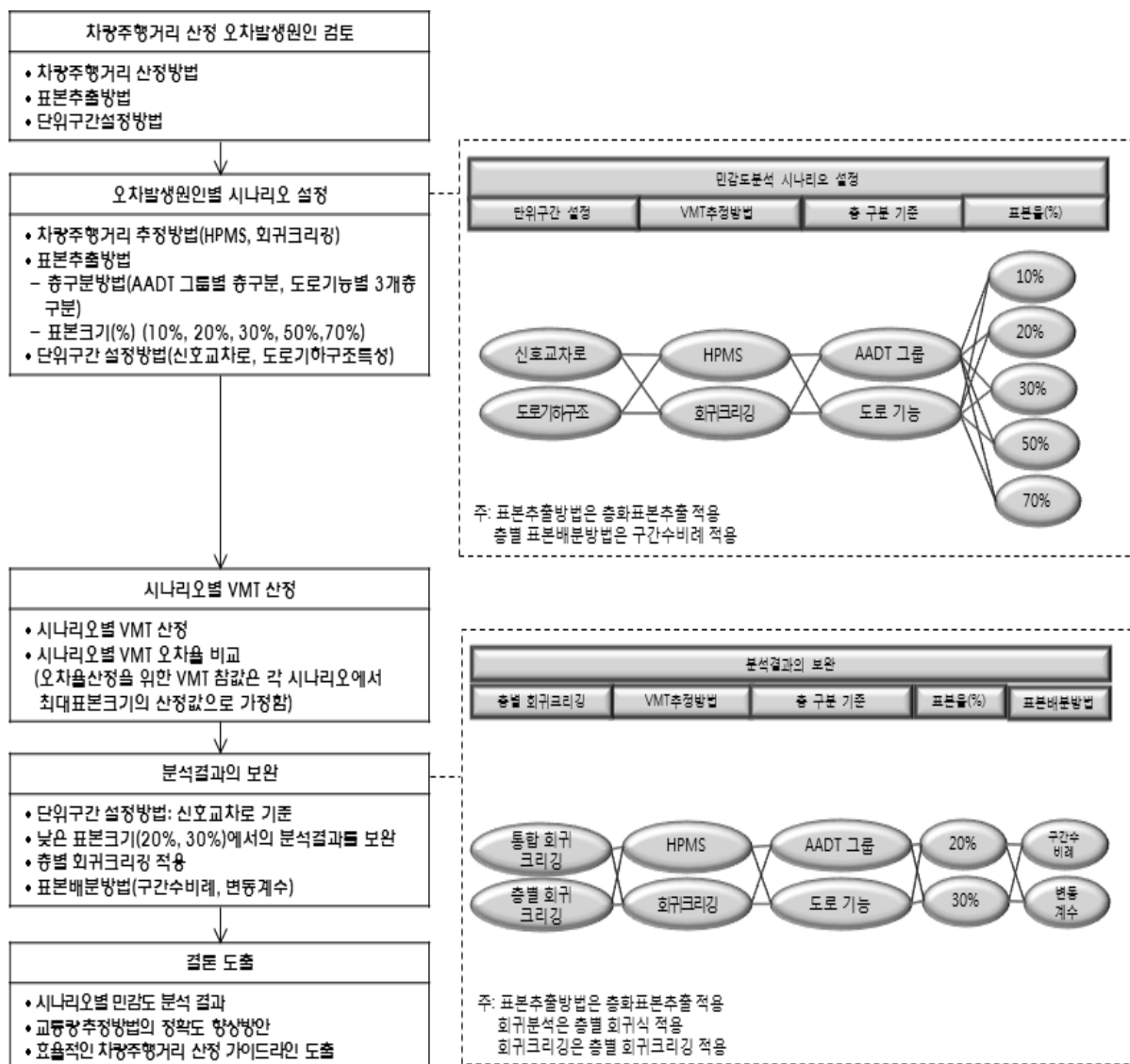
$t$  : Network 링크개수

$k$  : 차종(1: 승용차, 2: 버스, 3: 화물차량)

### 제3절 검증 및 민감도 분석방법

#### 1. 민감도 분석의 개요

- 민감도 분석의 목적은 산정방법 및 오차발생원인별로 시나리오를 설정하고 오차율 비교를 통해 효율적인 차량주행거리 산정방안을 도출하기 위함임
- 본 연구에서 수행한 민감도 분석의 절차 및 내용은 <그림 3-11>과 같음



<그림 3-11> 민감도 분석의 절차



## 2. 오차발생원인별 민감도 분석방법

- 오차발생원인별 차량주행거리 산정오차율은 시나리오별로 Random Seed를 달리하여 5회 반복한 결과값을 이용하여 산정함
- 오차율 산정을 위해서는 평균절대백분율오차(MAPE, Mean Absolute Percentage Error)를 이용하였으며 산정식은 다음과 같음

$$MAPE(\%) = \frac{100\%}{n} \times \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|$$

여기서,

$A_t$ : 기준값  
 $F_t$ : 시나리오별 산정값  
 $t$ : 반복회차  
 $n$ : 반복회수

### 가. 차량주행거리 산정방법에 따른 민감도 분석

- 차량주행거리 산정 방법에 따른 차량주행거리 산정 오차율을 비교·분석하기 위해 HPMS 방법 및 회귀크리깅으로 구분하여 차량주행거리 오차율을 분석하였음
- 민감도 분석시, 본 연구에서 적용한 HPMS방법론의 적용과정은 <그림 3-12>와 같음

Step 1.	단위구간 선정	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5가지 구분기준(AADT Group, 도로기능, Urban Code, 직진차로수, 시설유형)에 따라 도로의 기능이 동일한 구간으로 구분</li> <li>- 구분기준이 동일한 구간을 TOPS(Table of Potential Samples)라고 정의하여 VMT 추정시 단위구간으로 설정함</li> </ul>
Step 2.	표본 추출 (층 구분, 층별 표본수 산정)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AADT Group 및 도로기능별 Group을 기준으로 n개 층 구분</li> <li>- 층별 최적 표본수 산정: 층별 단위구간수와 층별 교통량 변동계수(Coefficient of Variation)를 고려한 최적 표본수 산정</li> </ul>
Step 3.	표본 VMT 산정	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 층별 표본 VMT 산정</li> <li>- 층별 확장계수(Expansion Factor, EF) 산정 <math>i</math> 층의 확장계수(<math>EF_i</math>) = <math>\frac{i \text{ 층의 총 연장(km)}}{i \text{ 층의 표본단위구간 연장(km)}}</math></li> </ul>
Step 4	전체 VMT 산정	전체 VMT 산정: 전체 VMT = $\sum_i (i \text{ 층의 표본 VMT} \times EF_i)$

<그림 3-12> HPMS 방법론 적용과정

- 오차율 분석을 위한 기준값은 최대 표본크기에서 산정한 값으로 설정함
  - 기준값: 최대 표본크기에서의 차량주행거리 산정값(A)
  - 시나리오별 산정값: 차량주행거리 산정을 5회 반복한 결과의 평균값(B))
- 단위구간은 신호교차로를 기준으로 설정(150개 구간)하였으며, 표본 크기는 전체 단위구간의 10%, 20%, 30%, 50%, 70%로 구분하여 오차율을 분석함
- 표본 추출시 bias를 줄이기 위해 Random Seed를 달리하여 5회 반복한 값을 이용하여 오차율을 분석함
- 층 구분은 AADT 그룹에 따른 5개층구분과 도로기능에 따른 3개층구분으로 설정하여 오차율을 분석함

#### 나. 층 구분방법에 따른 민감도 분석

- 층 구분방법에 따라 AADT 그룹 5개층 및 도로기능 3개층으로 설정 시, 차량주행거리 산정 오차율을 비교·분석하였음
- 오차율 분석을 위한 기준값은 최대 표본크기에서 산정한 값으로 설정함
  - 기준값: 최대 표본크기에서의 차량주행거리 산정값(A)
  - 시나리오별 산정값: 차량주행거리 산정을 5회 반복한 결과의 평균값(B)
- 단위구간은 신호교차로를 기준으로 설정(150개 구간)하였으며, 표본 크기는 전체 단위구간의 10%, 20%, 30%, 50%, 70%로 구분하여 오차율을 분석함
- 표본 추출시 bias를 줄이기 위해 Random Seed를 달리하여 5회 반복한 값을 이용하여 오차율을 분석함
- 차량주행거리 산정방법은 HPMS 방법 및 회귀크리깅 방법으로 설정하여 오차율을 분석함

#### 다. 단위구간 설정 방법에 따른 민감도 분석

- 본 절에서는 단위구간 설정 방법에 따른 차량주행거리 산정 오차율을 비교·분석하기 위해 신호교차로 기준 및 도로기하구조 특성으로 구분하여 차량주행거리 오차율을 분석하였음
- 오차율 분석을 위한 기준값은 최대 표본크기에서 산정한 값으로 설정함
  - 기준값: 최대 표본크기에서의 차량주행거리 산정값(A)

- 시나리오별 산정값: 차량주행거리 산정을 5회 반복한 결과의 평균값(B))
- 층 구분은 도로기능에 따른 3개층구분으로 설정하여 오차율을 분석하였으며 표본 크기는 전체 단위구간의 10%, 20%, 30%, 50%, 70%로 구분하여 오차율을 분석함
- 표본 추출시 bias를 줄이기 위해 Random Seed를 달리하여 5회 반복한 값을 이용하여 오차율을 분석함

### 3. 분석결과의 보완

- 민감도 분석결과, 차량주행거리 오차율은 표본 크기가 20%~30%에서 급감하는 것으로 나타남
- 본 절에서는 낮은 표본 크기(20%~30%)에서의 차량주행거리 산정 정확도를 향상시키기 위해 차량주행거리 산정 시 다음과 같은 보완방법을 적용하여 추가 분석함
  - 회귀크리깅을 이용한 교통량 추정시 층별 회귀크리깅 적용
  - 층별 표본배분시 변동계수를 고려한 표본배분방법 적용
- 분석결과의 보완에서는 층 구분방법별(AADT 그룹 5개층, 도로기능 3개층)로 낮은 표본 크기(20%, 30%)에서 각각 차량주행거리를 산정하여 정확도 향상방안을 분석함
- 표본 추출시 bias를 줄이기 위해 Random Seed를 달리하여 5회 반복한 값을 이용하여 오차율을 분석함



## 제4장 대상도시의 차량주행거리 산정

---

제1절 대상도시의 현황

제2절 대상도시의 차량주행거리 산정

제3절 차량주행거리의 민감도 분석

제4절 민감도 분석 결과를 고려한 차량주행거리  
산정

제5절 소결



## 제4장 대상도시의 차량주행거리 산정

### 제1절 대상도시의 현황

#### 1. 기초입력 DB 구축

##### 가. 사회경제지표 현황

##### 1) 행정구역별 사회경제지표

- 부천시의 행정구역은 <그림 4-1>과 같음. 행정구역별 사회경제지표는 <표 4-1>과 같음



<그림 4-1> 부천시 행정구역

<표 4-1> 부천시 사회경제지표(2011년 기준)

구분	면적(km <sup>2</sup> )	세대수(세대)	인구수(명)
원미구	20.6	167,061	455,036
소사구	12.8	87,891	237,158
오정구	20.0	79,277	197,306
합계	53.4	328,229	889,500

자료 : 부천시 동별 주민센터 홈페이지

부천시청 부천통계연보

## 2) 토지이용 현황

- 부천시는 전체 면적 중 기타지역이 43.2%를 차지하고 있으며, 시가화 지역이 48.2%를 차지하고 있음. 시가화 지역의 88%이상은 주거지역으로 구성됨

<표 4-2> 부천시 토지이용계획 현황

(단위: km<sup>2</sup>, %)

구분		계	시가화 지역		공업지역	기타지역
			주거지역	상업지역		
부천시	면적	53.5	22.7	3.0	4.6	23.1
	구성비	100.0	42.6	5.6	8.7	43.2

자료 : 부천시, 2020년 부천도시기본계획, 2007



<그림 4-2> 부천시 토지이용계획도

자료 : 부천시, 2020년 부천도시기본계획, 2008



## 나. 도로 현황

### 1) 광역도로

- 부천시는 서울특별시와 인천광역시를 연결하는 경인고속국도, 경인전철, 경인로가 도시의 동서를 관통하며, 서울외곽순환고속국도가 도시의 남측과 서측으로 통과, 그 외 일반국도 6호선(오정로), 39호선(별말로-부천로-호현로), 46호선(경인로)이 부천시를 통과하고 있음
- 상동 및 중동신시가지의 개발로 남북간 도로가 상당수 개설되었지만 동서를 관통하는 경인선, 경인고속국도로 인하여 남북보다는 동서간 교통축(봉오대로, 길주로, 경인로 등)이 발달된 상태임

<표 4-3> 부천시 광역도로 현황

구분	노선명	구간		연장(km)	폭원(m)
		기점	종점		
고속도로	서울외곽순환도로	일산	일산	91.25	34.0
	경인고속도로	인천시 남구 용현동	서울시 양천구 신월동	23.90	20.4

자료 : 부천시, 부천시 도시교통정비기본계획, 2012

### 2) 간선도로망

- 부천시의 주요 가로망 체계를 살펴보면, 격자형 도로망 체계를 형성하고 있으며, 주·보조간선도로 19개 노선과 집분산도로 51개 노선이 있음
- 주요 동서축으로는 봉오대로, 길주로, 경인로가 있으며, 남북축으로는 송내대로, 신흥로, 부천로, 소사로, 역곡로가 있음

<표 4-4> 부천시 간선도로 현황

구분	노선명	구간		연장(km)
		기점	종점	
간선도로	경명대로	인천 서구 경서동	부천시 오정구 대장동	11.94
	봉오대로	인천 서구 원창동	부천시 오정구 고강동	15.19
	오정로	부천시 오정구 삼정동	서울 강서구 외발산동	6.00
	길주로	인천 서구 석남동	부천시 원미구 춘의동	14.13
	부일로	인천 부평구 부평동	서울 구로구 궁동	10.03
	경인로	인천 남구 송의동	서울 영등포구 여의도동	28.00
	별말로	부천시 오정구 삼정동	서울 강서구 개화동	9.31

## &lt;표 계속&gt;

구분	노선명	구간		연장(km)
		기점	종점	
간선도로	송내대로	인천 부평구 구산동	부천시 오정구 삼정동	5.43
	신흥로	심곡본동 532-7	오정동 407-3	5.45
	부천로	심곡동 173-1	오정동 593-6	4.85
	소사로	시흥시 계수동 산111-12	부천시 오정구 고강동 68-1	9.00
	역곡로	역곡동 80-6	고강본동 11-19	5.96
	호현로	시흥시 신천동 712	부천시 소사구 소사본동 76-21	6.00
	범안로	부천시 소사구 괴안동	서울 금천구 독산동	12.57
	서해안로	경기 시흥시 정왕동	서울 구로구 오류동	22.44
	부광로	부천시 소사구 괴안동	경기 광명시 광명동	4.13
집분산 도로	고강로	원종동 190-6	고강본동 244-4	1.78
	석천로	상동 462	오정동 483-2	5.82
	고리울로	고강동 349-1	고강동 325-9	0.93
	성오로	여월동 49-43	오정동 83-1	2.17
	성지로	작동 산31-3	고강동 290	1.21
	수주로	고강동 327-7	고강동 313-21	0.72
	상오정로	오정동 586-15	오정동 119-11	2.09
	원종로	원종동 206	고강동 333-12	1.38
	삼작로	삼정동 363-9	작동 39-1	5.38
	성곡로	여월동 11-4	원종동 140-58	1.20
	심업로	오정동 766-6	오정동 744-3	1.23
	수도로	약대동 61	원종동 574	3.65
	호수로	상동 522-5	상동 515-1	0.52
	평천로	인천 부평구 청천동	부천시 오정구 내동	7.58
	성골로	여월동 32-6	여월동 62-14	0.75
	약대로	중동 157-3	약대동 106	0.52
	까치로	여월동 350	원종동 371-4	1.28
	도약로	상동 501-3	도당동 253-1	3.11
	여월로	여월동 3262-1	작동 산56-11	2.31
	정주로	중동 3-338	도당동 222	1.04
	옥산로	중동 1117-5	내동 192	2.96
	가로공원로	부천시 오정구 고강동	서울 강서구 화곡동	2.41
	작동로	작동 353-1	작동 357-1	0.69
	계남로	상동 525-7	중동 1097-2	3.64
	상동로	상동 57-4	상동 500-1	2.06
	소향로	상동 574-2	중동 1132	2.56
	중동로	송내동 428-44	삼정동 293	4.52
	원미로	심곡본동 556-17	여월동 158-10	3.11
	조마루로	상동 543	원미동 52-1	4.33
	부흥로	인천 부평구 산곡동	부천시 원미구 소사동	8.47
	조종로	원미동 111-6	원미동 52-1	0.90
	장말로	상동 584-6	심곡동 355-1	3.73
	상이로	상동 617-4	상동 588-1	0.95
	신상로	상동 622-2	상동 391	1.02
	상일로	상동 604-4	상동 430	1.60

## &lt;표 계속&gt;

구분	노선명	구간		연장(km)
		기점	종점	
집분산도로	심중로	심곡동 315-53	중동 1208	1.37
	대장로	부천시오정구고강동	경기 광명시 광명동	2.04
	지봉로	괴안동 1-18	역곡동 225-24	1.61
	자유로	심곡본동 531	심곡본동 554-25	0.92
	심곡로	심곡본동 588	심곡본동 산59-2	1.09
	성우로	심곡본동 746	심곡본동 530-146	0.46
	경인옛로	소사본동 70	괴안동 3-23	1.40
	성주로	송내동 400-8	심곡본동 736	2.78
	소삼로	소사본동 77-32	소사본동 135	0.84
	안곡로	괴안동 28-4	역곡로 200-10	3.27
	마니로	심곡본동 801	송내동 산79-1	0.90
	하우로	시흥시 대야동 92-3	부천시 소사구 심곡본동 735	3.20
	소안로	소사본동 135-8	괴안동 5	0.81
	소사동로	소사본동 420	괴안동 15-3	2.42
	은성로	소사본동 172-30	범박동 1-41	2.20
	범박로	범박동 47-1	범박동 119-2	0.58
	연동로	경기 광명시 옥길동	서울 구로구 온수동	3.27
	옥길로	범박동 64-2	옥길동 431-13	1.77
	함박로	옥길동 633-4	옥길동 434	1.48

주 : 도로연장은 주제도를 기준으로 산출했으며, 차로수는 전자지도를 활용하여 산출함  
 자료 : 부천시, 부천시 도시교통정비기본계획, 2012

## 3) 도로현황 DB 구축

- 본 연구는 지역간/지역내 도로현황, 도로구간 시종점 및 연장과 같은 도로현황 자료를 교통 주제도, 부천시 도시기본계획, 부천시 도시교통정비기본계획 및 전자지도를 이용하여 구축함
- <표 4-5>와 같이 도로현황자료는 다양한 출처로부터 수집되므로 자료간 매칭을 통한 기초 입력DB 구축이 필요함
- 부천시 2020 도시기본계획(2007)에서는 도로현황을 개략적 그림으로만 제시하고 있음
- 교통주제도 DB는 비교적 상세한 도로망 정보를 포함하고 있음

## &lt;표 4-5&gt; 도로현황자료 구축

구분	내용	제공기관
2020 도시기본계획	도로의 기능별 구분(개략적)	부천시청
부천시 도로교통정비기본계획	도로의 기능별 구분(개략적)	부천시청
교통주제도	X좌표, Y좌표도로구간 시종점, 연장, 차로수, 도로등급	KTDB
전자지도	도로구간 시종점, 연장, 차로수	KTDB

## 다. 교통량자료 수집 현황

### 1) 차량검지기 설치현황

- 부천시는 지능형 교통시스템 구축사업에 일환으로 신흥로(약대오거리~심곡고가사거리)와 소사로(오정농협사거리~소사교앞삼거리) 및 기타 도로에서 교통량 자료를 수집하고 있음. 부천시의 차량검지기 설치현황은 <그림 4-3>과 같음
- 부천시의 차량검지기는 ITS 표준노드링크 기준 1,462개 링크 중 9개 링크에서 교통량이 수집되고 있으며, 대부분은 통행속도수집을 위한 검지기임



<그림 4-3> 부천시 검지기 현황

### 2) 현장조사 교통량 수집현황

- 『부천시 교통신호 최적화 및 연동화용역, 2012. 7』에서는 2011년 기준으로 부천시내 118개소(주요 교차로 110개소, 시외 유출입지점 8개소)에서 교통량 조사를 실시함
  - 조사내용: 교차로 방향별 교통량 조사, 시외 유출입지점 교통량 조사
  - 조사일시: 2011년 6월~9월
  - 조사시간: 6시간(07~09시, 12~14시, 18~20시)
  - 조사지점: 총 118개소(주요 교차로 110개소, 시외유출입지점 8개소)



&lt;그림 4-4&gt; 교통량자료 수집현황

## 3) 도로교통량통계연보

- 본 연구는 『2012년 도로교통량통계연보』 (국토해양부, 2013)를 이용하여 부천시내 고속도로 및 도시고속도로 연평균일교통량 자료를 수집함
- 도로교통량통계연보에서 제공하는 부천시 교통량은 <표 4-6>과 같음

&lt;표 4-6&gt; 도로교통량통계연보 교통량자료(부천시)

(단위: 대/일)

지점ID	도로명	주소	연평균 일교통량	승용차	버스	화물자동차
10018	서울외곽순환 고속도로	경기 부천 소사 송내	249,256	186,417	2,520	60,319
10019		경기 부천 원미 중동	257,913	193,553	2,674	61,686
10020		인천 계양 서운	227,652	200,118	1,011	26,523
12006	경인고속도로	인천 계양 서운	138,970	114,102	1,419	23,449

## 2. 교통축 설정결과

- 본 연구는 도로의 기능별 구분을 위하여 『도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설-일부개정』 (국토해양부, 2012)에서 제시하는 도시지역 도로의 개략적 특성 중 정량적 구분이 가능하거나 자료구축여부를 감안하여 다음과 같은 구분기준을 설정함
  - 도로기능별 구분: 설계속도(km/h), 도로 최소폭(m)
  - 도로기능별 구분결과 검증: 도로전체길이에 대한 백분율(%), 배치간격(km)
- 자료구축이 미비하거나 정량화가 어려운 기준은 도로기능 구분에서 제외함. 또한, 지침에서 제시하는 기준과 실제 도로망을 비교할 때 비현실적인 구분기준은 다음과 같음
  - 자료 미구축: 도시전체 교통량에 대한 백분율(%), 노상주차여부, 중앙분리유형, 보도설치여부, 최소차로폭(m)
  - 정량화가 어려운 구분기준: 접근관리 수준, 주기능
  - 비현실적 구분기준: 교차로 최소간격(km)
- 지침에 따라 부천시 도로망을 주간선도로 및 보조간선도로로 구분하여 검증한 결과는 <표 4-7>과 같음
  - GIS를 이용한 분석결과 도로전체길이 백분율은 지침의 구분기준에 다소 못 미치는 것으로 나타남
  - 도로 배치간격은 지침의 구분기준을 만족하였음

&lt;표 4-7&gt; 도시지역 도로의 개략적 특성 및 도로기능 구분결과

구분	도시고속도로	주간선도로	보조간선도로	집산도로	국지도로
주기능	우리나라 간선도로망 연결	해당 도시의 간선도로망 구축	주간선도로를 보완함	도시 내 생활권 주요도로망 구축	시점과 종점
도로전체길이 백분율(%)	5~10 (1.49%, 8.85km)		10~15 (3.24%, 19.20km)	5~10 (8.62%, 51.13km)	60~80
도시전체 교통량에 대한 백분율(%)	0~40	40~60		5~10	10~30
배치간격(km)	3.00~6.00 (적합)	1.50~3.00 (적합)	0.75~1.50 (적합)	0.75이하 (적합)	—
교차로 최소간격(km)	1.00	0.50~1.00	0.25~0.50	0.10~0.25	0.03~0.10
설계속도(km)	100	80	60	50	40
노상주차 여부	불허	원칙적 불허	제한적 허용	허용	허용
접근관리 수준	출입제한	강함	보통	약함	적용안함
도로 최소폭(m)		35	25	15	8
중앙분리유형	분리	분리	분리/미분리	비분리	비분리
보도설치여부	설치안함	설치/미설치	설치	설치	설치
최소차로폭 (m)	3.50	3.50~3.25	3.25~3.00	3.00	3.00

주 : 음영표시된 부분은 도로 기능 구분 및 검증시 적용가능한 항목임

부천시 총 도로연장은 593.41km임(도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로, 집산도로, 국지도로 포함)

괄호안의 값은 부천시 도로망 기능별 구분 결과임

자료 : 국토해양부(2012), 도로의 구조시설기준에 관한 규칙, 해설 -일부개정-

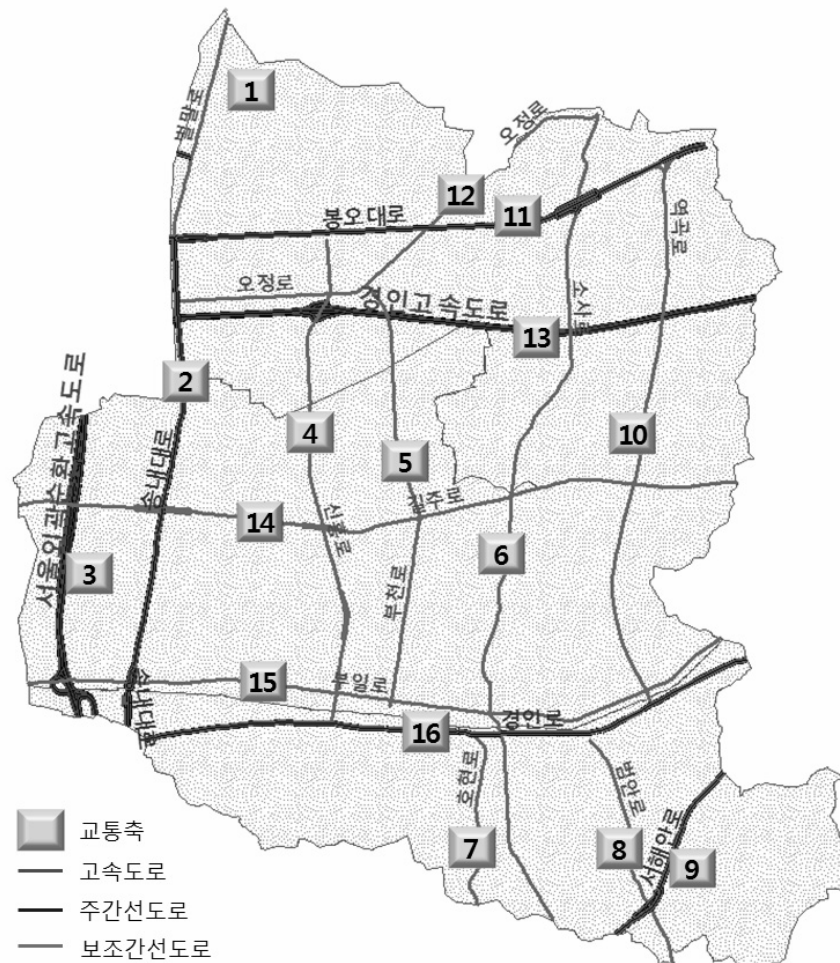


○ 부천시 교통축 설정 결과는 <표 4-8>과 같음

－ 총 16개 교통축 설정 : 도시고속도로(2), 주간선도로(4), 보조간선도로(10)

<표 4-8> 부천시 교통축설정 결과

구분(개수)	노선명(교통축번호)
도시고속도로 (2)	－서울의곽순환고속도로(3), 경인고속도로(13)
주간선도로 (4)	－송내대로(2), 서해안로(9), 봉오대로(11), 경인로(16)
보조간선도로 (10)	－별말로(1), 신흥로(4), 부천로(5), 소사로(6), 호현로(7), 범안로(8), 역곡로(10), 오정로(12), 길주로(14), 부일로(15),



<그림 4-5> 교통축설정 결과



### 3. 단위구간 설정결과

- 본 연구는 단위구간 설정기준(독립변수)과 신호교차로 기준 150개 구간별 교통량(종속변수)간의 상관관계 분석을 통한 주요변수를 선정하였으며, 선정된 독립변수간의 상관관계 분석을 통하여 최종적인 단위구간 설정기준을 적용함
- 변수간의 상관관계는 상관계수로 나타나며, 상관계수는 변수의 수준(명목, 서열, 등간변수 등)에 따라 다르게 적용됨

#### 1) 단위구간 설정기준(독립변수)과 교통량(종속변수)간 상관관계 분석

- 본 연구는 단위구간 설정기준(독립변수)과 교통량(종속변수)간의 상관관계를 상관비(Correlation Ratio,  $\eta$ )를 활용하여 분석함
- 상관비는 독립변수가 명목변수이고, 종속변수가 등간변수 일 경우 활용되는 상관계수임. 산정식은 다음과 같음

$$\eta^2 = \frac{\sum_i n_x (\bar{y}_x - \bar{y})^2}{\sum_{x,i} (y_{xi} - \bar{y})^2}$$

$\eta^2$ : 상관비(Correlation Ratio)

$n_x$ : 범주  $x$ 의 빈도수

$\bar{y}_x$ : 범주  $x$ 의 평균

$\bar{y}$ : 모집단의 평균

- 상관비를 활용한 단위구간 설정기준(독립변수)과 교통량(종속변수)간의 상관관계 분석결과는 <표 4-9>와 같음

&lt;표 4-9&gt; 단위구간 설정기준(독립변수)과 교통량(종속변수)간 상관관계 분석결과

설정기준		상관계수 (상관비, $r$ )
도로 기하구조 특성	도로기능	0.883
	도로유형	0.849
	차로수	0.609
	제한속도	0.858
	토지이용특성	0.157
	행정구역	0.123
	주간선도로접촉여부	0.434
교통류 특성	통행속도(km/h)	0.386

## 2) 단위구간 설정기준(독립변수)간 상관관계 분석

- 본 연구는 단위구간 설정기준(독립변수)과 교통량(종속변수)간의 상관관계 분석결과를 토대로 상관계수가 0.4 이상인 변수를 주요변수로 설정하여 단위구간 설정기준(독립변수)간 상관관계를 분석함
- 단위구간 설정기준(독립변수)간 상관관계는 Kendal의 타우계수(Kendal's  $\tau$ )를 활용하여 분석함. Kendal의 타우계수를 활용하여 단위구간 설정기준(독립변수)간 상관관계를 분석한 결과는 <표 4-10>과 같음

&lt;표 4-10&gt; 단위구간 설정기준(독립변수)간 상관관계 분석결과

구분	도로기능	도로유형	차로수	제한속도	주간선도로 접촉여부
도로기능	1.000	-0.009	-0.438	-0.411	-0.561
도로유형	-	1.000	-0.730	-0.097	-0.071
차로수	-	-	1.000	0.249	0.269
제한속도	-	-	-	1.000	0.311
주간선도로 접촉여부	-	-	-	-	1.000

- 분석결과, 대부분 단위구간 설정기준 간에는 낮은 상관관계가 있는 것으로 나타남. 따라서, 본 연구는 도로기능, 도로유형, 차로수, 제한속도 및 주간선도로접촉여부를 단위구간 설정기준으로 선정함

<표 4-11> 단위구간 설정기준 선정결과

설정기준		내용
도로기하구조 특성	도로기능	1. 고속도로 및 도시고속도로, 2. 주간선도로 3. 보조간선도로
	도로유형 (평균 신호교차로 간격 기준)	1. 고속도로 및 도시고속도로 2. 1등급 3. 2등급 4. 3등급 5. 4등급 6. 5등급 7. 6등급
	차로수(왕복기준)	1. 2차로 2. 4차로 3. 6차로 4. 8차로 이상
	제한속도	1. 60km/h 미만 2. 70km/h 미만 3. 80km/h 미만 4. 90km/h 미만 5. 90km/h 이상
	주간선도로 접촉여부	1. 접촉 2. 미접촉

3) 단위구간 설정결과

- 본 연구는 부천시의 주간선도로 및 보조간선도로를 대상으로 단위구간을 설정함. 단위구간은 신호교차로 기준과 도로기하구조 특성기준에 따라 구분하여 설정하고 그에 따른 차량주행거리 추정오차를 분석함
- 부천시 단위구간은 <표 4-12>와 같이 신호교차로 기준 150개, 도로기하구조 특성 73개로 설정됨
  - 세부적인 단위구간 설정결과는 <부록> 참조

&lt;표 4-12&gt; 부천시 주간선도로 및 보조간선도로 단위구간 설정결과

구분	단위구간수
신호교차로 기준	150
도로기하구조 특성 기준	73

#### 4. 표본단위구간 추출

##### 가. 표본크기

- 표본크기는 전체 단위구간수(신호교차로 기준: 150개, 도로기하구조 특성 기준: 73개)의 10%, 20%, 30%, 50%, 70%, 84.5%로 설정함
- ITS 검지기 및 교통량 조사로 교통량자료가 수집되는 구간은 신호교차로 기준 150개 단위구간 중 127개(84.5%)에 해당함
- 향후 민감도 분석 시, 차량주행거리 오차율 분석을 위한 시나리오별 참값은 표본크기 84.5% (즉, 127개 단위링크의 교통량자료)로부터 산정한 차량주행거리로 설정함
- 본 연구의 표본추출방법은 일반적으로 활용되는 방법인 층화표본 추출방법(Stratified Random Sampling)을 적용함
  - 층화표본 추출방법(Stratified Random Sampling)의 층은 AADT 그룹별, 도로기능별로 구분함. AADT 그룹별 층 구분기준은 대상도시의 교통량현황에 따라 5개~10개 층으로 구분하고 도로기능별 층 구분기준은 고속도로 및 도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로 3개 층으로 구분함
  - 층별 표본배분방법은 구간수비례 배분법 및 층별 AADT 변동계수를 고려한 표본배분방법을 적용함

<표 4-13> 층 구분 및 층별 표본크기 산정

구분	층 구분	추출단위	층별 표본배분방법
AADT 그룹	1. 20,000 대/일 미만 2. 20,000 ~ 35,000 대/일 미만 3. 35,000 ~ 55,000 대/일 미만 4. 50,000 ~ 85,000 대/일 미만 5. 85,000 대/일 이상	-각 층별 단위구간	-구간수 비례배분법 적용
도로기능	1. 고속도로 및 도시고속도로, 2. 주간선도로 3. 보조간선도로		

## 제2절 대상도시의 차량주행거리 산정

- 본 연구는 차량검지기 수집 자료, 교통량조사, 공간통계기법을 통해 추정된 교통량을 활용하여 부천시의 도로기능별·도로등급별·차종별 차량주행거리 자료를 구축함. 차량주행거리 산정식은 다음과 같음

$$VMT = \sum_{t=1}^n \sum_{k=1}^3 (V_{tk} \times AD_{tk})$$

$V_{tk}$  : 구간별·차종별 연평균일교통량(AADT) (대/일)

$AD_{tk}$  : 구간별·차종별 링크길이(km)

$t$  : 전체 구간수

$k$  : 차종(1: 승용차, 2: 버스, 3: 화물자동차)

- 부천시 차량주행거리는 다음과 같은 방법론을 적용하여 산정함
  - 차량주행거리 산정방법 : 회귀크리깅
  - 단위구간 설정방법 : 신호교차로 기준
  - 표본크기 : 최대표본크기(84.7%)(신호교차로 기준 전체 150개 단위구간 중 127개 단위구간에 대해 교통량 자료 확보)
- ※ 전체 표본으로 차량주행거리를 산정하므로 표본추출방법(층 구분방법, 표본배분방법) 및 층별 회귀크리깅을 고려하지 않아도 됨

### 가. 도로기능별 차량주행거리 산정결과

- 도로기능은 앞서 설정한 구분기준을 통해 주간선도로와 보조간선도로 2가지로 구분함. 도로기능별 차량주행거리 산정결과는 <표 4-14>와 같음

<표 4-14> 부천시 도로기능별 도로현황 및 차량주행거리 비교

구분	고속도로 및 도시고속도로	주간선도로	보조간선도로	합계
연장(km)	8.9 (11.2%)	19.2 (24.2%)	51.3 (64.6%)	79.4 (100.0%)
차량주행거리(대-km/일)	1,563,188 (37.0%)	1,016,598 (24.1%)	1,646,406 (39.0%)	4,226,192 (100.0%)

## 나. 도로등급별 차량주행거리 산정결과

- 본 연구는 앞서 제시한 고속도로 및 도시고속도로, 1등급 등 총 8가지 유형으로 도로등급을 구분하여 차량주행거리를 산정함
  - 부천시의 도로는 고속도로 및 도시고속도로, 3~6등급으로 구성됨
  - 램프구간은 인접 도로구간에 포함하여 도로등급별 자동차 주행거리를 산정함
- 도로등급별 차량주행거리 산정결과는 <표 4-15>와 같으며, 고속도로 및 도시고속도로에서 차량주행거리의 비중이 가장 높은 것으로 나타남

<표 4-15> 도로등급별 차량주행거리 산정결과

구분		단위구간수(개)	연장(km)	차량주행거리 (대·km/일)
도로등급	고속도로 및 도시고속도로	5 (3.3%)	8.9 (11.2%)	1,563,188 (37.0%)
	1등급	3 (2.0%)	5.6 (7.1%)	258,665 (6.1%)
	2등급	1 (0.7%)	2.1 (2.7%)	92,056 (2.2%)
	3등급	21 (14.0%)	14.3 (18.0%)	602,067 (14.2%)
	4등급	0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	0 (0.0%)
	5등급	117 (78.0%)	47.8 (60.2%)	1,704,258 (40.3%)
	6등급	3 (2.0%)	0.7 (0.9%)	5,959 (0.1%)
합계		150 (100.0%)	79.3 (100.0%)	4,226,192 (100.0%)

## 다. 차종별 차량주행거리 산정결과

- 본 연구는 부천시의 차종별 차량주행거리 산정을 위하여 『부천시 교통실태 최적화 및 연동 화용역, 2012. 7』의 교통량 조사 자료를 활용함
- 도로등급별·차종별 교통량 구성비중은 현장조사를 통해 도로등급별로 계측된 교통량 합계를 기준으로 산정함. 산정결과는 <표 4-16>과 같음
  - 차종별 교통량 구성비중은 승용차(75.2%), 버스(9.4%), 소형 화물자동차(11.1%), 대형 화물자동차(4.4%) 순으로 나타남

<표 4-16> 도로유형별·차종별 구성비중

(단위: %)

구분	승용차	버스	소형 화물자동차	대형 화물자동차	합계
고속도로	74.2	7.2	12.2	6.4	100.0
1등급	74.0	8.8	12.2	5.0	100.0
2등급	73.4	6.0	13.6	7.0	100.0
3등급	74.0	17.1	7.1	1.9	100.0
4등급	—	—	—	—	—
5등급	79.4	7.5	11.3	1.8	100.0
6등급	76.0	9.8	10.2	4.0	100.0
평균	75.2	9.4	11.1	4.4	100.0

- 도로등급별·차종별 구성비율을 고려한 부천시의 차종별 차량주행거리 산정결과는 <표 4-17>과 같으며, 도로등급별·차종별 차량주행거리 산정결과는 <표 4-18>과 같음

<표 4-17> 차종별 차량주행거리 산정결과

(단위: %, 대-km/일)

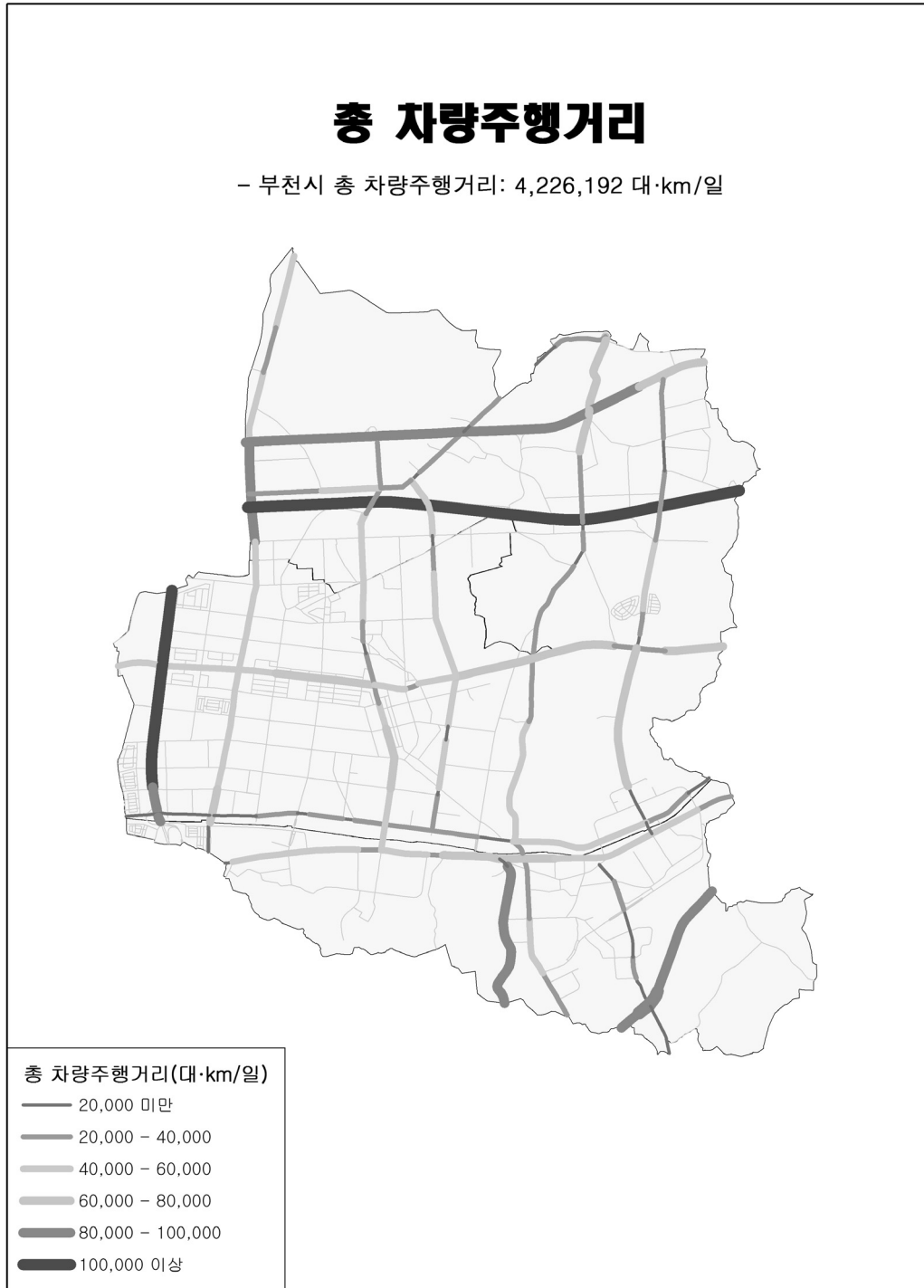
구분	통행비중	차량주행거리
승용차	75.2	3,178,096
버스	9.4	397,262
소형화물자동차	11.1	469,107
대형화물자동차	4.4	185,952
합계	100.0	4,226,192



&lt;표 4-18&gt; 도로유형별·차종별 차량주행거리 산정결과

구분		차량주행거리(대 · km/일)	비중(%)
고속도로	승용차	1,159,885	27.4
	버스	112,550	2.7
	소형화물자동차	190,709	4.5
	대형화물자동차	100,044	2.4
1등급	승용차	191,412	4.5
	버스	22,763	0.5
	소형화물자동차	31,557	0.7
	대형화물자동차	12,933	0.3
2등급	승용차	67,569	1.6
	버스	5,523	0.1
	소형화물자동차	12,520	0.3
	대형화물자동차	6,444	0.2
3등급	승용차	445,530	10.5
	버스	102,953	2.4
	소형화물자동차	42,747	1.0
	대형화물자동차	11,439	0.3
4등급	승용차	0	0.0
	버스	0	0.0
	소형화물자동차	0	0.0
	대형화물자동차	0	0.0
5등급	승용차	1,353,181	32.0
	버스	127,216	3.0
	소형화물자동차	192,581	4.6
	대형화물자동차	30,677	0.7
6등급	승용차	4,529	0.1
	버스	584	0.0
	소형화물자동차	608	0.0
	대형화물자동차	238	0.0
합계		4,226,192	100

- 부천시 총 차량주행거리 산정결과를 GIS상에 표출한 결과는 <그림 4-6>과 같음



<그림 4-6> 부천시 총 차량주행거리

### 제3절 차량주행거리의 민감도 분석

#### 1. 차량주행거리 산정방법 및 층 구분방법에 따른 민감도 분석

##### 가. 개요

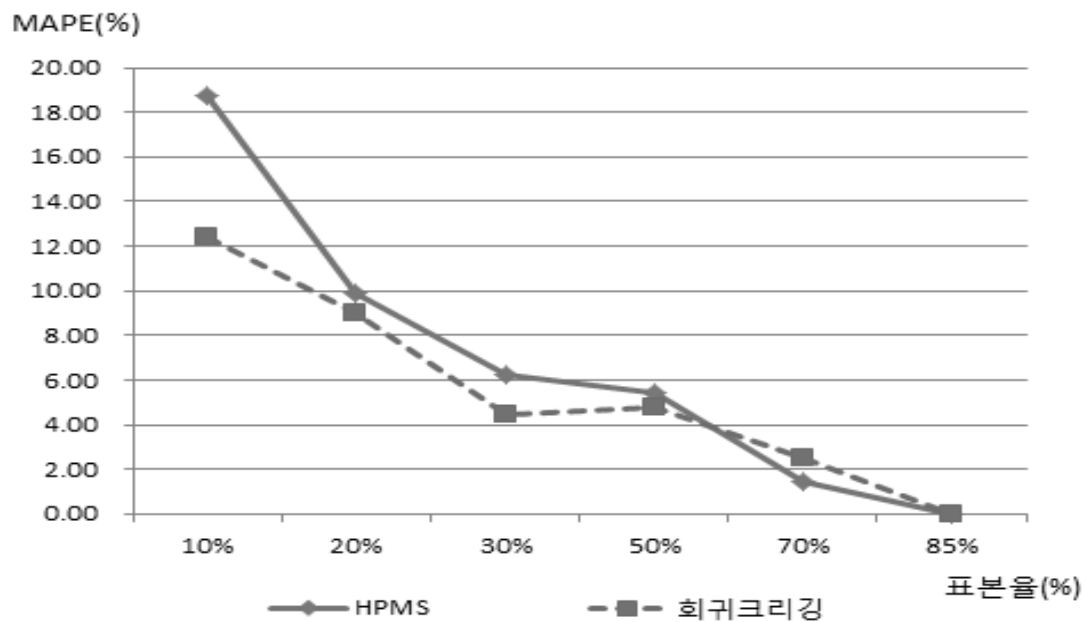
- 본 절에서는 차량주행거리 산정 방법에 따른 차량주행거리 산정 오차율을 비교·분석하기 위해 HPMS 방법 및 회귀크리깅으로 구분하여 차량주행거리 오차율을 분석하였음. 또한, 층 구분 방법에 따른 오차율 비교를 위해서 AADT 그룹에 따른 5개층구분과 도로기능에 따른 3개층구분으로 설정하여 오차율을 분석함
- 오차율 분석을 위한 기준값은 최대 표본크기에서 산정한 값으로 설정함
  - － 기준값 : 최대 표본크기에서의 차량주행거리 산정값(A)
  - － 시나리오별 산정값 : 차량주행거리 산정을 5회 반복한 결과의 평균값(B)
- 단위구간은 신호교차로를 기준으로 설정(150개 구간)하였으며, 표본 크기는 전체 단위구간의 10%, 20%, 30%, 50%, 70%로 구분하여 오차율을 분석함
- 표본 추출 시 bias를 줄이기 위해 Random Seed를 달리하여 5회 반복한 값을 이용하여 오차율을 분석함

##### 나. 차량주행거리 산정방법 및 층 구분방법에 따른 오차율 분석결과

- 차량주행거리 산정방법 및 층 구분방법에 따른 차량주행거리 산정 오차율 분석결과는 <표 4-19>, <표 4-20>, <그림 4-7>, <그림 4-8>과 같음
  - － 일반적으로 차량주행거리 산정방법에 상관없이 표본 크기가 커지면 오차율이 감소하는 것을 알 수 있고, 표본 크기가 같을 때는 회귀크리깅에 의한 차량주행거리 산정이 좀 더 낮은 오차율을 나타냄을 알 수 있음. 또한, 도로기능 3개층 구분 시 차량주행거리 산정이 좀 더 낮은 오차율을 나타냄을 알 수 있음
  - － 전체적으로 차량주행거리 산정방법에 상관없이 표본 크기가 20%~30% 일 때 오차율이 급격히 감소함
  - － 반복회차에 따른 변동계수를 분석한 결과, 전체적으로 표본 크기가 커질수록 변동계수가 감소하는 것으로 나타남

&lt;표 4-19&gt; 차량주행거리 산정방법별 민감도 분석결과(AADT 그룹 5개층)

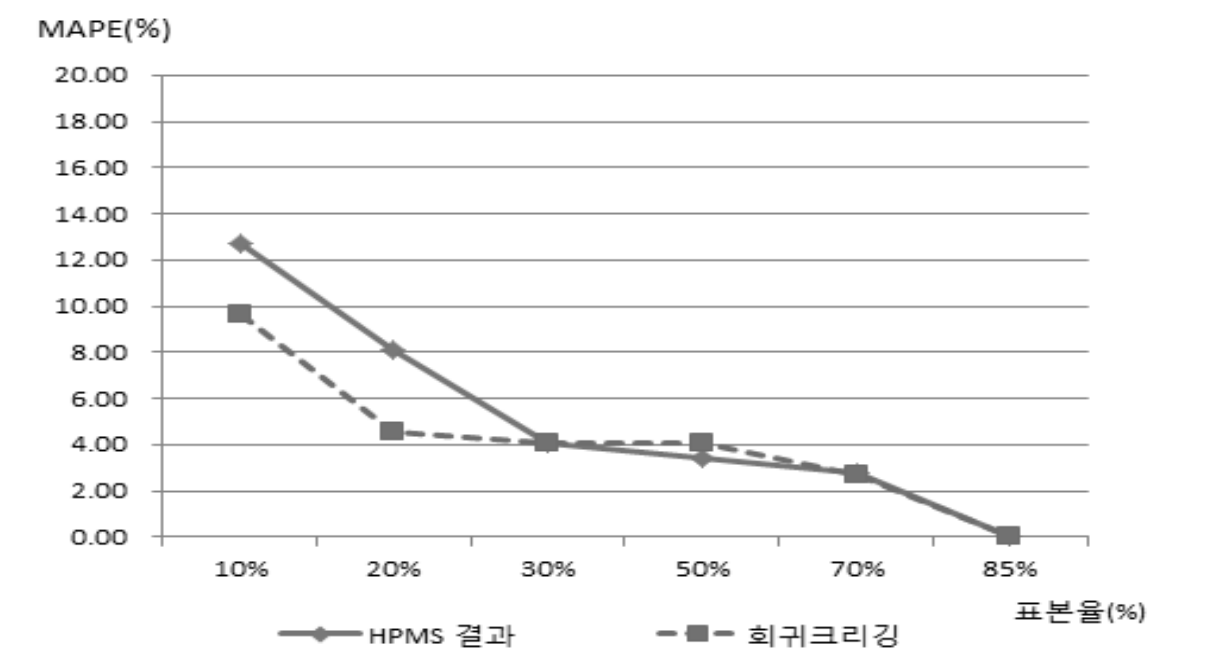
VMT추정방법	표본율(%)	차량주행거리 산정결과(A) (대-km)	차량주행거리 산정결과(B) (대-km)	MAPE(%)	변동계수
HPMS	10	4,216,635	3,694,261	18.7	0.162
	20		3,800,152	9.9	0.050
	30		4,014,278	6.3	0.059
	50		4,293,109	5.4	0.066
	70		4,184,096	1.5	0.014
회귀크리깅	10	4,226,192	3,744,817	12.4	0.084
	20		3,860,664	9.0	0.053
	30		4,374,283	4.5	0.048
	50		4,342,836	4.8	0.048
	70		4,310,395	2.5	0.030



&lt;그림 4-7&gt; 차량주행거리 산정방법별 층 구분방법별 민감도 분석결과(AADT 그룹 5개층)

<표 4-20> 차량주행거리 산정방법별 민감도 분석결과(도로기능 3개층)

VMT추정방법	표본율(%)	차량주행거리 산정결과(A) (대-km)	차량주행거리 산정결과(B) (대-km)	MAPE(%)	변동계수
HPMS	10	4,238,723	4,475,873	12.7	0.120
	20		4,385,453	8.1	0.079
	30		4,066,827	4.1	0.017
	50		4,211,102	3.4	0.042
	70		4,277,789	2.7	0.033
회귀크리깅	10	4,226,192	4,144,376	9.6	0.110
	20		4,414,317	4.6	0.028
	30		4,397,072	4.0	0.019
	50		4,336,879	4.0	0.036
	70		4,265,373	2.7	0.030



<그림 4-8> 차량주행거리 산정방법별 층 구분방법별 민감도 분석결과(도로기능 3개층)

## 2. 단위구간 설정 방법에 따른 민감도 분석

### 가. 개요

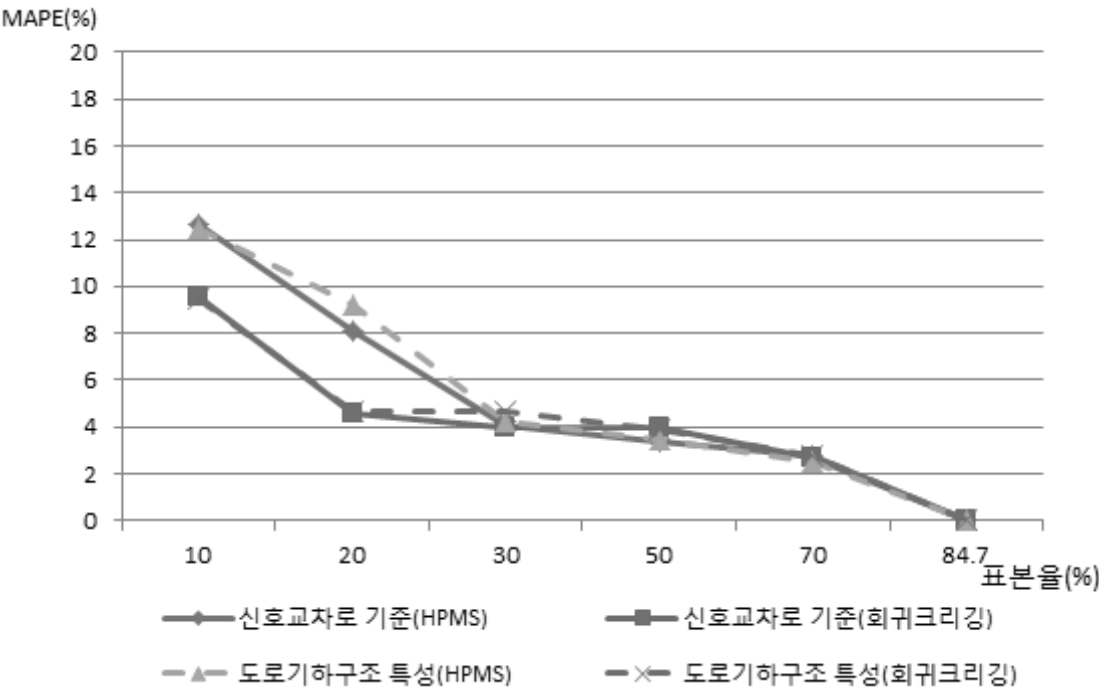
- 본 절에서는 단위구간 설정 방법에 따른 차량주행거리 산정 오차율을 비교·분석하기 위해 신호교차로 기준 및 도로기하구조 특성으로 구분하여 차량주행거리 오차율을 분석하였음
- 오차율 분석을 위한 기준값은 최대 표본크기에서 산정한 값으로 설정함
  - 기준값 : 최대 표본크기에서의 차량주행거리 산정값(A)
  - 시나리오별 산정값 : 차량주행거리 산정을 5회 반복한 결과의 평균값(B)
- 앞서 민감도 분석결과를 토대로 차량주행거리 추정방법은 오차율이 낮았던 회귀크리깅을 적용하였으며, 층 구분은 도로기능에 따른 3개층구분으로 설정하여 오차율을 분석함. 표본 크기는 전체 단위구간의 10%, 20%, 30%, 50%, 70%로 설정함
- 표본 추출시 bias를 줄이기 위해 Random Seed를 달리하여 5회 반복한 값을 이용하여 오차율을 분석함

### 나. 단위구간 설정 방법에 따른 차량주행거리 산정 오차율 분석결과

- 단위구간 설정 방법에 따른 차량주행거리 산정 오차율 분석결과는 <표 4-21>, <그림 4-9>와 같음
- 일반적으로 단위구간 설정 방법에 상관없이 표본 크기가 커지면 오차율이 감소하는 것을 알 수 있고, 표본 크기가 같을 때는 신호교차로 기준 단위구간 설정이 좀 더 낮은 오차율을 나타냄을 알 수 있음
- 전체적으로 단위구간 설정 방법에 상관없이 표본 크기가 20%~30% 일 때 오차율이 급격히 감소하는 것을 알 수 있음
- 반복회차에 따른 변동계수를 분석한 결과, 전체적으로 표본 크기가 커질수록 감소하는 것을 알 수 있음

<표 4-21> 단위구간 설정 방법별 민감도 분석결과(도로기능 3개층)

VMT 추정방법	단위구간 설정방법	표본율(%)	차량주행거리 산정결과(A) (대-km)	차량주행거리 산정결과(B) (대-km)	MAPE(%)	변동계수
HPMS	신호교차로 기준	10	4,238,723	4,475,873	12.7	0.120
		20		4,385,453	8.1	0.079
		30		4,066,827	4.1	0.017
		50		4,211,102	3.4	0.042
		70		4,277,789	2.7	0.033
	도로기하구조 특성	10	4,242,187	4,483,154	12.5	0.102
		20		4,403,745	9.2	0.064
		30		4,084,214	4.2	0.029
		50		4,207,747	3.5	0.047
		70		4,287,215	2.5	0.027
회귀크리깅	신호교차로 기준	10	4,226,192	4,144,376	9.6	0.110
		20		4,414,317	4.6	0.028
		30		4,397,072	4.0	0.019
		50		4,336,879	4.0	0.036
		70		4,265,373	2.7	0.030
	도로기하구조 특성	10	4,219,647	4,132,415	9.5	0.141
		20		4,436,441	4.7	0.064
		30		4,431,874	4.7	0.041
		50		4,311,147	3.9	0.024
		70		4,284,952	2.8	0.034



<그림 4-9> 단위구간 설정 방법별 민감도 분석결과(도로기능 3개층)

### 3. 분석결과의 보완

#### 가. 개요

- 민감도 분석결과, 차량주행거리 오차율은 표본 크기가 20%~30%에서 급감하는 것으로 나타남
- 본 절에서는 낮은 표본 크기(20%~30%)에서의 차량주행거리 산정 정확도를 향상시키기 위해 차량주행거리 산정 시 다음과 같은 보완방법을 적용하여 추가 분석함
  - 회귀크리깅을 이용한 교통량 추정시 층별 회귀크리깅 적용
  - 층별 표본배분시 변동계수를 고려한 표본배분방법 적용
- 분석결과의 보완에서는 층 구분방법별(AADT 그룹 5개층, 도로기능 3개층)로 낮은 표본 크기(20%, 30%)에서 각각 차량주행거리를 산정하여 정확도 향상방안을 분석함
- 표본 추출시 bias를 줄이기 위해 Random Seed를 달리하여 5회 반복한 값을 이용하여 오차율을 분석함

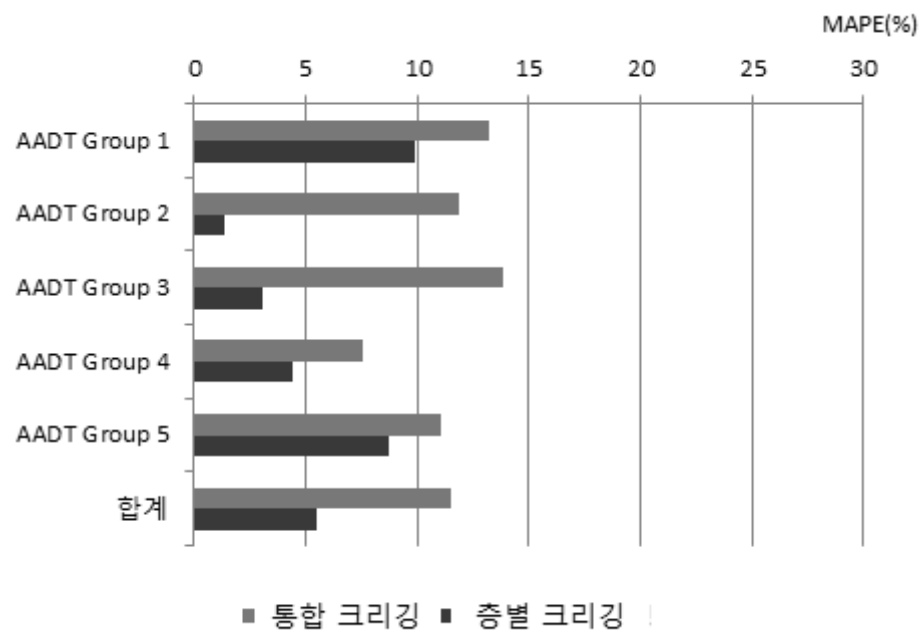
#### 나. 층별 회귀크리깅 적용

- 표본 크기에 따른 층별 회귀크리깅 적용결과, 표본 크기 20%에서는 오차율의 감소를 확인하였으나 표본 크기 30%에서는 큰 변화가 없었음
- 표본 크기 20%에서 층별 회귀크리깅 적용시 AADT 그룹별 회귀크리깅 적용으로 인하여 교통량 차이가 큰 인접구간의 영향을 받지 않기 때문에 층별 MAPE가 감소함



<표 4-22> 층별 크리깅 적용결과(AADT 그룹 5개층, 표본 크기: 20%)

VMT추정방법	층 구분방법	통합 크리깅		층별 크리깅	
		VMT(대-km)	MAPE(%)	VMT(대-km)	MAPE(%)
회귀크리깅	AADT Group 1	124,463	13.2	112,841	9.9
	AADT Group 2	808,147	11.9	779,324	1.4
	AADT Group 3	1,718,696	13.9	1,592,414	3.0
	AADT Group 4	611,099	7.5	634,995	4.4
	AADT Group 5	1,623,351	11.1	1,482,184	8.7
	합계	4,885,757	11.5	4,272,368	5.5

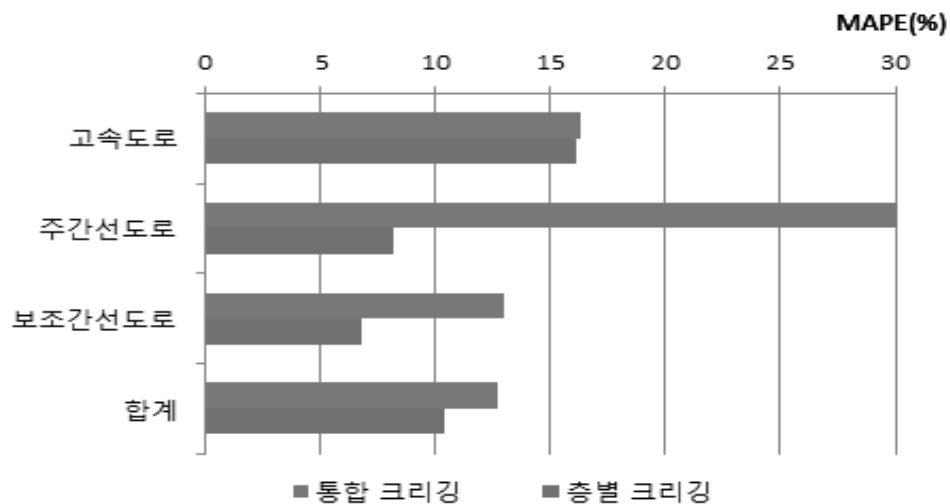


<그림 4-10> 층별 크리깅 적용결과(AADT 그룹 5개층, 표본 크기20%)

- 표본크기 20%에서 층별 크리깅 적용시 도로기능별 크리깅 적용으로 인하여 교통량 차이가 큰 인접구간의 영향을 받지 않기 때문에 층별 MAPE가 감소함

<표 4-23> 층별 크리깅 적용결과(도로기능 3개층, 표본 크기: 20%)

VMT추정방법	층 구분방법	통합 크리깅		층별 크리깅	
		VMT(대-km)	MAPE(%)	VMT(대-km)	MAPE(%)
회귀크리깅	고속도로	1,410,471	16.3	1,481,112	16.1
	주간선도로	1,361,946	34.0	1,095,214	8.2
	보조간선도로	1,725,913	13.0	1,821,112	6.8
	합계	4,498,330	12.7	4,397,438	10.4

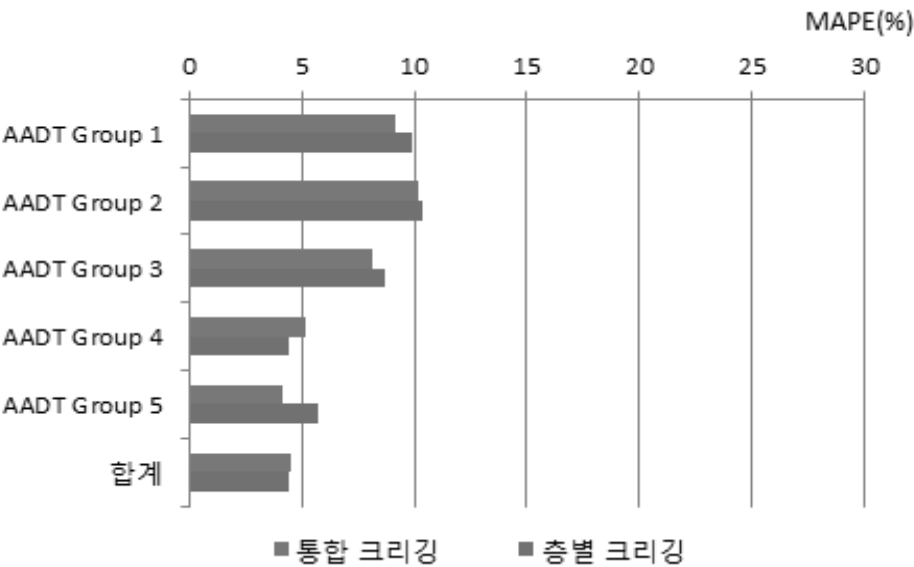


<그림 4-11> 층별 크리깅 적용결과(도로기능 3개층, 표본 크기20%)

- 표본 크기 30%에서 층별 크리깅 적용시 AADT 그룹별 크리깅 적용으로 인한 층별 MAPE의 큰 변화가 없었음

<표 4-24> 층별 크리깅 적용결과(AADT 그룹 5개층, 표본 크기: 30%)

VMT추정방법	층 구분방법	통합 크리깅		층별 크리깅	
		VMT(대-km)	MAPE(%)	VMT(대-km)	MAPE(%)
회귀크리깅	AADT Group 1	118,641	9.2	119,112	9.9
	AADT Group 2	708,147	10.2	709,324	10.4
	AADT Group 3	1,818,667	8.1	1,917,532	8.7
	AADT Group 4	501,231	5.2	634,112	4.4
	AADT Group 5	1,521,125	4.1	1,454,258	5.7
	합계	4,374,283	4.5	4,834,338	4.4

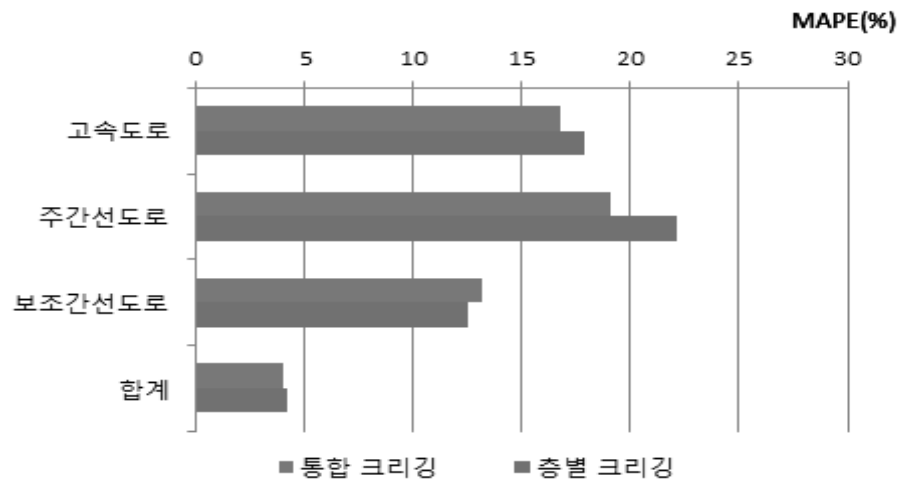


<그림 4-12> 층별 크리깅 적용결과(AADT 그룹 5개층, 표본 크기30%)

- 표본 크기 30%에서 층별 크리깅 적용시 도로기능별 크리깅 적용으로 인한 층별 MAPE의 큰 변화가 없었음

<표 4-25> 층별 크리깅 적용결과(도로기능 3개층, 표본 크기: 30%)

VMT추정방법	층 구분방법	통합 크리깅		층별 크리깅	
		VMT(대-km)	MAPE(%)	VMT(대-km)	MAPE(%)
회귀크리깅	고속도로	1,470,641	16.8	1,494,123	17.9
	주간선도로	1,171,059	19.1	1,247,113	22.1
	보조간선도로	1,736,541	13.2	1,645,584	12.5
	합계	4,378,241	4.0	4,386,820	4.2



<그림 4-13> 층별 크리깅 적용결과(도로기능 3개층, 표본 크기30%)

#### 다. 변동계수를 고려한 표본배분방법 적용

- 표본배분방법에 따라 층별로 추출되는 단위구간이 달라질 수 있으며 이는 차량주행거리 산정시 오차발생원인이 될 수 있음
- 차량주행거리 산정에서 표본추출의 결과로 층별 교통량의 변동계수가 커질수록 차량주행거리 산정결과의 변동폭도 커지게 되므로 오차발생을 야기함
- 본 연구에서는 민감도 분석에서 적용한 구간수비례 표본배분방법과 층별 교통량 변동계수를 고려한 최소표본수 산정방식을 비교하여 분석하였음. 최소표본수 산정식은 다음과 같음

$$n = \frac{\left( \frac{Z^2 C^2}{d^2} \right)}{1 + \left( \frac{1}{N} \right) \left( \left( \frac{Z^2 C^2}{d^2} \right) - 1 \right)}$$

여기서,

n: 최소표본크기

Z: Value of Z

C: AADT변동계수(Coefficient of Variation)

d: 목표 정확도(precision rate)

N: 해당 층의 총 단위구간수

- 표본배분방법에 따른 층별 표본수 산출결과는 <표 4-26>, <표 4-27>과 같음
- AADT 그룹 5개층 구분시 교통량 변동계수가 큰 AADT 그룹 1과 AADT 그룹 5에 표본이 많이 배분됨

<표 4-26> 표본배분방법에 따른 층별 표본수 산출결과(AADT 그룹 5개층, 표본크기: 20%)

AADT	총 연장(km)	총 표본수(개)	교통량 변동계수	표본배분방법에 따른 층별 표본수	
				구간수비례	변동계수 고려
AADT 그룹 1	8.0	17	0.243	4	10
AADT 그룹 2	28.6	46	0.141	11	6
AADT 그룹 3	24.2	37	0.109	9	3
AADT 그룹 4	8.9	20	0.126	5	4
AADT 그룹 5	9.5	7	0.426	1	7
합계	79.3	127	—	30	30

- 도로기능 3개층 구분시에는 민감도 분석에서 적용한 구간수비례 표본배분방법과 변동계수를 고려한 표본배분방법의 결과가 정확히 일치하여 각 표본배분방법에 따른 층별 표본수 변화가 없었음

<표 4-27> 표본배분방법에 따른 층별 표본수 산출결과(도로기능 3개층, 표본크기: 20%)

AADT	총 연장(km)	총 표본수(개)	교통량 변동계수	표본배분방법에 따른 층별 표본수	
				구간수비례	변동계수 고려
고속도로	8.9	5	0.453	1	1
주간선도로	19.2	30	0.273	7	7
보조간선도로	51.3	92	0.437	22	22
합계	79.3	127	—	30	30

- 변동계수를 고려한 표본배분결과 차량주행거리 산정방법(HPMS 및 회귀크리깅)에 상관없이 모두 오차율이 감소하였음
- 한편, 층구분 방법에 따른 오차율 분석결과는 도로기능 3개층 구분보다 AADT 그룹 5개층 구분시 오차율이 낮은 것으로 나타남. 이는 변동계수를 고려하여 최소표본수는 확보하면서 더 세분화된 층구분으로 인해 오차율이 낮아진 것으로 판단됨

<표 4-28> 표본배분방법에 따른 차량주행거리 산정결과(AADT 그룹 5개층, 표본크기: 20%)

VMT추정방법	총 구분방법	구간수 비중		변동계수를 고려한 표본배분	
		VMT(대-km)	MAPE(%)	VMT(대-km)	MAPE(%)
HPMS	AADT Group 1	114,286	16.7	116,050	12.2
	AADT Group 2	773,231	27.9	788,125	12.6
	AADT Group 3	1,082,055	8.4	1,117,437	10.2
	AADT Group 4	595,146	7.5	609,081	4.4
	AADT Group 5	1,235,435	23.9	1,623,351	5.8
	합계	3,800,152	9.9	4,254,044	0.9
회귀크리깅	AADT Group 1	124,463	13.2	125,427	12.4
	AADT Group 2	808,147	11.9	824,872	8.6
	AADT Group 3	1,718,696	13.9	1,403,369	11.9
	AADT Group 4	611,099	7.5	588,160	7.7
	AADT Group 5	1,623,351	0.0	1,355,472	0.0
	합계	4,885,757	15.6	4,297,300	1.7

<표 4-29> 표본배분방법에 따른 차량주행거리 산정결과(도로기능 3개층, 표본크기: 20%)

VMT추정방법	층 구분방법	구간수 비중		변동계수를 고려한 표본배분	
		VMT(대-km)	MAPE(%)	VMT(대-km)	MAPE(%)
HPMS	고속도로	1,623,804	26.2	1,623,804	26.2
	주간선도로	1,063,248	11.3	1,063,248	11.3
	보조간선도로	1,698,401	10.3	1,698,401	10.3
	합계	4,385,453	8.1	4,385,453	8.1
회귀크리깅	고속도로	1,410,471	16.3	1,410,471	16.3
	주간선도로	1,361,946	34.0	1,361,946	34.0
	보조간선도로	1,725,913	13.0	1,725,913	13.0
	합계	4,498,330	4.6	4,498,330	4.6

주 : 층별 표본수 산출결과는 구간수비례와 변동계수방법 모두 동일하였음

## 제4절 민감도 분석 결과를 고려한 차량주행거리 산정

- 본 절에서는 차량주행거리 민감도 분석 결과를 토대로 오차발생원인별 가장 오차율이 낮은 경우를 선택하여 <표 4-30>과 같이 차량주행거리를 산정함
- 차량주행거리 산정방법별 민감도 분석 결과, HPMS 방법론보다 회귀크리깅 적용 시 오차율이 감소함
- 층 구분방법별 민감도 분석 결과, 도로기능 3개층 구분시 AADT 그룹 5개층 구분시 보다 오차율이 낮았음
- 단위구간 설정방법별 민감도 분석 결과, 신호교차로 기준이 도로기하구조 특성보다 오차율이 낮았음
- 분석결과의 보완에서 낮은 표본크기(20%)에서 층별 크리깅 및 층별 AADT 변동계수를 고려한 표본배분방법 적용 시 보다 정확한 결과를 도출할 수 있었음

<표 4-30> 민감도 분석 결과를 고려한 차량주행거리 산정

표본크기 (%)	차량주행거리 추정방법	층 구분방법	단위구간 설정방법	층별 크리깅 적용여부	표본배분방법	차량주행거리 (대·km/일)
10	회귀크리깅	도로기능 3개층	신호교차로 기준	미적용	구간수비례	4,144,376
20				적용	변동계수 고려	4,333,282
30				미적용	구간수비례	4,066,827
50				미적용	구간수비례	4,336,879
70				미적용	구간수비례	4,265,373
84.7				미적용	구간수비례	4,226,192



## 제5절 소결

- 본 장에서는 차량주행거리 추정 민감도 분석 및 분석결과의 보완결과를 토대로 부천시의 도로기능별·도로등급별·차종별 차량주행거리를 산정하였음

### 1. 민감도 분석 결과

- 본 연구는 차량주행거리 산정시 오차발생원인별로 시나리오를 설정하여 민감도 분석을 수행하였으며, 시나리오별 차량주행거리 산정오차를 비교를 통해 정확한 차량주행거리를 산정하고자 하였음
- 차량주행거리 산정방법에 따른 차량주행거리 산정 오차율을 비교 결과, 일반적으로 차량주행거리 산정방법에 상관없이 표본 크기가 커지면 오차율이 감소하였으며, 표본 크기가 같을 때는 회귀크리깅에 의한 차량주행거리 산정이 좀 더 낮은 오차율을 나타냄
  - 전체적으로 차량주행거리 산정방법에 상관없이 표본 크기가 20%~30% 일 때 오차율이 급격히 감소하였음
  - Random Seed를 달리하여 반복회차에 따른 차량주행거리의 변동계수를 분석한 결과, 전체적으로 표본 크기가 커질수록 변동계수가 감소하여 보다 안정적이고 신뢰할 수 있는 결과를 도출함
  - 표본크기 30%미만에서는 회귀크리깅을 이용한 차량주행거리 산정의 오차율이 다른 산정방법에 비해 낮았으며, 표본크기 30%이상에서는 모든 산정방법에서 6%이하의 오차율을 보여 대동소이한 결과를 나타냄.
  - HPMS를 이용한 차량주행거리 산정이 회귀크리깅 방법보다 산정절차가 간단하다는 것을 고려하면 비용대비 효과적인 산정방안을 다음과 같이 제시할 수 있음
    - 대상도시의 교통량수집 현황이 전체 단위구간의 30%미만일 때는 회귀크리깅 방법론 적용
    - 대상도시의 교통량수집 현황이 전체 단위구간의 30%이상일 때는 HPMS 방법론 적용
- 층 구분방법에 따라 AADT 그룹 5개층 및 도로기능 3개층으로 설정하여 차량주행거리 산정 오차율을 비교한 결과, 표본 크기가 같을 때는 도로기능 3개층 구분 시 차량주행거리 산정이 좀 더 낮은 오차율을 나타냄

- 차량주행거리 산정방법에 따른 민감도 분석결과와 마찬가지로 표본 크기가 커지면 오차율이 감소하는 것을 알 수 있고, 표본 크기가 20%~30% 일 때 오차율이 급격히 감소하였음
- 또한, 반복회차에 따른 변동계수를 분석한 결과, 전체적으로 표본 크기가 커질수록 변동계수가 감소하였음
- HPMS방법론에서 적용하는 AADT 그룹에 따른 층 구분방법은 대상도시내 모든 단위구간에 대한 교통량자료 수집이 수반되어야 함. 하지만 현실적으로 대상도시내 모든 단위구간의 교통량자료 수집이 어려움을 감안할 때, 도로기능에 따른 층 구분방법이 효과적일 것으로 판단됨
- 단위구간 설정 방법에 따른 차량주행거리 산정 오차율 비교 결과, 신호교차로 기준 및 도로기하구조 특성에 따른 단위구간 설정방법에 따른 차량주행거리 오차율은 큰 차이가 없었음. 따라서 산정절차의 편의성을 감안할 때, 향후 차량주행거리 산정시 신호교차로 기준 단위구간설정이 적절한 것으로 판단됨

## 2. 분석결과의 보완

- 분석결과의 보완에서는 낮은 표본 크기(20%, 30%)에서의 차량주행거리 산정 정확도를 향상시키기 위해 차량주행거리 산정 시 다음과 같은 보완방법을 적용하여 추가 분석하였음
  - 회귀크리깅을 이용한 교통량 추정시 층별 회귀크리깅 적용
  - 층별 표본배분시 변동계수를 고려한 표본배분방법 적용
- 낮은 표본크기(20%, 30%)에서 층별 회귀식 적용결과, 표본 크기 20%에서는 오차율의 감소를 확인하였으나 표본 크기 30%에서는 큰 변화가 없었음. 따라서, 향후 차량주행거리 산정시 정확도 향상을 위해서 30%미만의 표본크기에서는 회귀크리깅을 이용한 교통량 추정시 층별 회귀식 적용이 필요할 것으로 판단됨
- 낮은 표본크기(20%, 30%)에서 층별 회귀크리깅 적용결과, 층별 회귀식 적용결과와 마찬가지로 표본 크기 20%에서는 오차율의 감소를 확인하였으나 표본 크기 30%에서는 큰 변화가 없었음. 따라서, 향후 차량주행거리 산정시 정확도 향상을 위해서 30%미만의 표본크기에서는 회귀크리깅을 이용한 교통량 추정시 층별 회귀식 적용이 필요할 것으로 판단됨
- 층별 표본단위구간 추출 시, 표본배분방법에 따라 층별로 추출되는 단위구간이 달라질 수 있으며 이는 차량주행거리 산정시 오차발생원인이 될 수 있음. 분석결과의 보완에서는 마찬가지로

지로 낮은 표본크기(20%)에서 차량주행거리 산정 정확도를 향상시키기 위해 변동계수를 고려한 표본배분방법을 적용하여 민감도분석에서 적용한 구간수비례 표본배분방법 적용결과와 비교하였음. 분석결과, 변동계수를 고려한 표본배분결과에서 모두 오차율이 감소하였음. 따라서 향후 차량주행거리 산정시 변동계수를 고려한 표본배분방법 적용이 필요할 것으로 판단됨



## 제5장 대상도시의 교통망성능평가

---

제1절 교통망성능평가 체계 정립

제2절 자동차부문 교통망성능평가 지표 선정  
및 개발

제3절 자동차부문 교통망성능평가

제4절 대중교통부문 교통망성능평가 지표  
선정 및 개발

제5절 대중교통부문 교통망성능평가



## 제5장 대상도시의 교통망성능평가

### 제1절 교통망성능평가 체계 정립

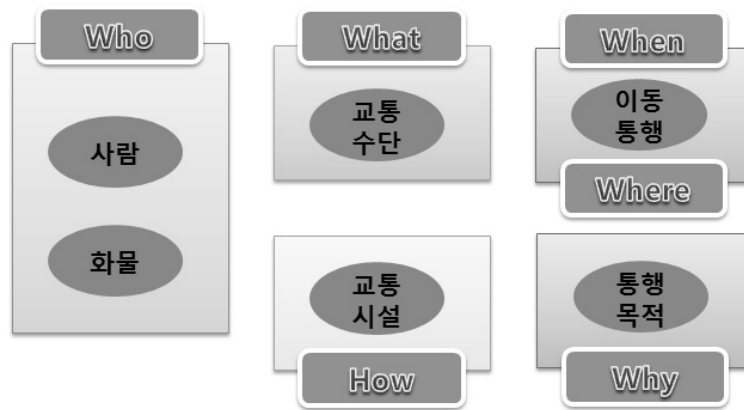
#### 1. 교통망성능평가(Transportation Network Performance Measurement)의 정의

가. 교통망(Transportation Network)과 교통망성능(Transportation Network Performance)의 정의

- 본 연구는 교통망 또는 교통네트워크(Transportation Network, 이하 ‘교통망’)의 성능(Performance)을 평가(Measurement)하는 것을 궁극적 목적으로 함
- 상기한 궁극적 목적인 교통망성능평가에 앞서 교통망과 교통망의 성능에 대한 정의가 필요함
- TRB(2010)의 “NCHRP Report 664: Measuring Transportation Network Performance”에서는 교통망 성능 평가의 가이드라인을 제시하기에 앞서, 다음과 같이 교통망(Network)에 대한 정의를 내리고 있음
  - 교통망(Network)은 특정 공간적 범위 내 존재하는(또는 계획중인) 인프라와 관련된 운영 기관(관할지역) 및 이와 관련된 교통수단의 유기적 연계 체계<sup>1)</sup>
- 우리나라 『국가통합 교통체계 효율화법』 제2조에서는 ‘교통체계’를 사람 또는 화물의 운송과 관련된 활동을 효과적으로 수행하기 위하여 서로 유기적으로 연계된 교통수단, 교통시설 및 교통운영과 이와 관련된 산업 및 제도로 정의됨
  - 동법에서 정의하는 ‘교통’이란 사람 또는 화물을 한 장소에서 다른 장소로 이동하기 위한 행위, 활동, 기능 또는 과정을 말함
  - ‘교통수단’이란 사람 또는 화물을 운송하는데에 이용되는 자동차·열차·항공기 및 선박 등을 말함
  - ‘교통시설’이란 교통수단의 운행에 필요한 도로·철도·항만·터미널 등의 시설과 그 시설에 부속되어 교통수단의 원활한 운행을 보조하는 시설 또는 공작물을 말함

1) The network is the combination of <sup>(1)</sup>the relevant agencies or jurisdictions—state, regional, and local—that have existing or proposed infrastructure within the geographic area under consideration and <sup>(2)</sup>the relevant transportation modes.

- 상기한 교통망(또는 교통체계)의 정의를 바탕으로 교통망의 기능(function)은 사람 또는 화물의 이동에 중점을 두고 있음을 알 수 있으며, 교통망의 성능(Transportation Network Performance)은 교통망의 주요 기능인 ‘이동’활동을 수행하는 능력으로 볼 수 있음



<그림 5-1> 교통망(교통체계)의 기능 개념

- 따라서 교통망성능평가(Transportation Network Performance Measurement)는 교통망이 그 기능을 얼마나 잘 수행하고 있는가를 평가하는 것임. 즉, 사람 또는 화물의 ‘이동과정’ 중에 교통수단과 교통시설이 그 역할을 얼마나 잘 수행하는가’를 측정·평가하는 것이라고 할 수 있음

#### 나. 교통망성능평가(Transportation Network Performance Measurement) 항목

- 앞에서 살펴본 교통망(Transportation Network), 교통망성능(Transportation Network Performance), 교통망성능평가(Transportation Network Performance Measurement)의 정의를 바탕으로 교통망성능평가의 항목을 분류하면 다음과 같음
  - 교통망성능평가 대상(기능): 이동활동 수행 능력
  - 이동활동 주체: 사람, 화물
  - 이동활동 중 이용시설: 교통수단, 교통인프라



## 2. 교통망성능평가 체계 정립의 필요성

- 교통망성능평가(Network Performance Measurement)와 관련된 국내외 기존연구는 교통지표개발, 서비스수준 평가, 서비스지표 개발, 성능 지표(Performance Indicators) 개발 및 측정 등으로 구분 가능함
- 우리나라에서는 통행목적별·수단별 기종점통행량, 교통수단분담률 등의 기초적인 교통지표와 도로용량, 용량 대비 교통량(V/C), 서비스수준(LOS, Level of Service) 등 개별 시설(도로, 교차로 등)이나 교통수단에 대한 평가방안에 중점을 두었음
- 최근 ITS시스템 구축, 교통카드 보급 및 사용 증가에 따른 각종 교통데이터 수집이 용이해지면서, 서울시와 경기도를 중심으로 개별 시설이나 교통수단 평가의 수준을 넘어서는 시스템 전반에 대한 평가 연구가 이루어지고 있음
- 반면, 미국에서는 최근 MAP-21(Moving Ahead for Progress in the 21<sup>st</sup> Century Act)법을 발표하면서 Performance-based Planning이 요구됨에 따라 교통망성능평가의 중요성이 확대되고 있음
- Performance-based Planning은 장래 계획이나 정책수립에 있어 주요 지표를 설정하여 정량화된 목표를 제시하는 것을 말하는데, <그림 5-2>에서와 같이 주요 부문별 정책목표를 제시하고 이러한 목표를 정량적으로 설정하는 수단으로 성능평가지표(Performance Measurement)를 활용하는 것임
- 미국은 주별 또는 광역지구별로 교통관련 정책목표의 세부목표별 지표를 제시하고 있음. 이에 반해, 우리나라에서는 아직까지 미국과 같은 정량적 성능평가지표의 체계가 정립되지 않고 있는 실정임
- 이에 우리나라에서도 국가차원의 교통정책 목표 설정과 교통투자평가, 지역별 교통정책 목표 설정 및 교통투자평가, 교통부문의 지역형평성 검토 등을 위해 일관성 있는 교통망성능평가 체계의 정립이 필요함

Es	Goals	Performance Objectives <sup>13</sup>
<b>Economy</b>	Maintenance and safety	<b>Improve maintenance</b> Local streets and roads: Maintain pavement condition index of 75 or better. State highways: Distressed land-miles no more than 10% of system. Transit: Average asset age no more than 50% of useful life and average distance between service calls of 8,000 miles. <i>Sources: State and local strategic plans</i>
		<b>Reduce injuries and fatalities</b> Motor-vehicle fatalities: 15% from today. Bike and pedestrian injuries and fatalities: 25% each from 2000 levels. <i>Source: California State Strategic Highway Safety Plan</i>
	Reliability Freight	<b>Reduce delays</b> 20% per capita from today. <i>Source: California's Strategic Growth Plan</i>
<b>Environment</b>	Clean air	<b>Reduce vehicle miles traveled and emissions</b> Vehicle miles traveled: 10% per capita from today. Fine particulate matter (PM <sub>2.5</sub> ): 10% from today. Course particulate matter (PM <sub>10</sub> ): 45% from today. Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ): 40% below 1990 levels. <i>Sources: State regulations and laws</i>
<b>Equity</b>	Access	<b>Improve affordability</b> 10% reduction from today in share of earnings spent on housing and transportation costs by low- and moderately low-income households. <i>Source: Adapted from the Center for Housing Policy</i>

<그림 5-2> 미국 MTC(Metropolitan Transportation Commission)의 샌프란시스코만지역 교통망 2035계획 프로젝트 평가 중 3E(Economy, Environment, Equity)의 평가 목적

자료 : TRB(2010), "NCHRP Report 664: Measuring Transportation Network Performance", p.56 재인용.(원출처: [http://www.mtc.ca.gov/planning/2035\\_plan/Supplementary/T2035Plan-Perf\\_AssessmentReport.pdf](http://www.mtc.ca.gov/planning/2035_plan/Supplementary/T2035Plan-Perf_AssessmentReport.pdf), p. 3.)

- 특히 우리나라는 교통카드 보급 확대에 의한 교통카드 데이터, ITS구축 확대 등으로 인한 교통량 및 속도 데이터를 활용한 연구가 시작하는 단계인 만큼, 교통망성능평가의 체계 정립에 대한 필요성이 더 강조되고 있는 실정임
- 각종 교통데이터 수집 및 활용 방안을 일원화 시켜 객관성과 신뢰성이 확보된 지표 개발이 필요함
- 교통투자평가 및 정책평가에서 비교검증이 가능한 지표 선정 및 사용으로 평가체계의 일관성 확보가 중요함. 특히, 교통서비스가 교통복지로서 인식되고 있는바, 지역별 교통망성능평가 비교를 통해 교통투자계획 우선순위검토의 일관성과 객관성 확보를 위해서 교통망성능평가 체계 구축이 절실함

- 본 연구에서는 주요 분석 범위인 부천시 뿐만 아니라, 향후 전국 교통망성능평가의 기초연구로서 자동차 및 대중교통망 성능평가의 체계를 정립하고자 함
  - 각 부문별 사용가능한 성능평가지표를 제시하고 각 지표별 산출방안을 정립함
  - 또한 각 부문 내 지표간 중요도 및 우선순위를 제시하여 교통정책 및 계획의 성격과 목적에 따라 적용 가능한 성능평가지표의 가이드라인을 제시하고자 함

### 3. 교통망성능평가 체계 정립

#### 가. 교통망의 분류

##### 1) 교통수단에 의한 분류

- 교통부문의 전통적인 교통수단에 의한 분류는 크게 대중교통수단과 개인교통수단으로 구분할 수 있음
- **대중교통수단(Public Transit)**은 일반적으로 버스, 철도(전철, 지하철, 일반철도, 고속철도), 배, 항공, 택시 등이 있으나, 대중교통의 법적 정의는 『대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률』 제2조에 의해 일정한 노선과 운행시간표를 갖추고 다수의 사람을 운송하는데 이용되는 교통수단으로 다음의 운송수단을 말함
  - 『여객자동차 운수사업법』 제3조제1항제1호의 노선여객자동차운송사업에 사용되는 승합자동차로서, 시내버스, 농어촌버스, 마을버스, 시외버스가 해당됨
  - 『도시철도법』 제3조제1호의 도시철도 중 차량으로서, 전철, 지하철이 이에 해당됨
  - 『철도산업발전기본법』 제3조제4호의 철도차량 중 여객을 운송하기 위한 철도차량으로서, 광역철도, 일반여객철도, 고속철도가 이에 해당됨
- 대중교통수단에 대한 법적정의에 따라 대중교통은 다시 자동차대중교통, 철도대중교통으로 분류할 수 있음
  - 자동차대중교통은 도로대중교통으로도 인식되는 버스로서 운행계통에 따라 다음과 같이 재분류 가능함
    - 시내버스: 주로 특별시·광역시·특별자치시 또는 시단위의 단일 행정구역을 운행
    - 농어촌버스: 주로 군(광역시의 군 제외)단위의 단일 행정구역을 운행
    - 마을버스: 주로 시·군·구단위의 단일 행정구역을 운행

- 시외버스: 상기한 시내/농어촌/마을버스를 제외한 구역을 운행
- 철도대중교통은 전철, 지하철 등의 도시철도, 광역철도, 일반철도, 고속철도가 있음
- 대중교통(도로대중교통과 철도대중교통 모두 포함)은 최근 지속가능 녹색성장이라는 성장패러다임의 변화에 따라 활성화 정책이 주목받고 있으며, 이에 따라 대중교통 관련 정책 평가에 관한 많은 연구가 이루어지고 있음
- 우리나라에서는 교통카드보급과 수도권통합요금제 시행(제도), ITS 구축 확대 및 BMS/BIS 구축에 따른 대중교통 정보 제공(인프라)이 활발하고 이에 스마트폰 보급 확대(이용자)로 대중교통 정보 접근이 용이해지면서 대중교통서비스에 대한 관심이 증대되고 있음
- 최근 대중교통에 대한 관심이 증대됨에 따라 대중교통서비스는 교통복지로서 인식되기 시작하고 있으며, 이에 대중교통관련 정책 및 인프라 투자 평가, 대중교통서비스수준 평가에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음
- **개인교통수단**은 자가용승용차, 자가용화물자동차만을 생각하기 쉬우나, 이는 대중교통수단에 상대적인 개념으로 자가용승용차/화물자동차(Private Car) 뿐만 아니라, 이용 대상이 공공(Public)이 아닌 모든 자동차를 포함한 개념으로 인식되어야 함
- 교통망성능평가에는 대중교통수단과 개인교통수단 차량의 물리적 기술(technology)에 대한 측정 및 평가보다는 이들 교통수단을 활용한 교통체계에 대한 평가에 집중해야 함
- 대중교통체계와 개인교통체계에 대한 성능평가는 상기한 각 교통수단의 정의와 특성에 따라 달라짐
  - 대중교통망 성능평가는 『대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률』 제2조에서 대중교통에 대하여 정의<sup>2)</sup>하는 바와 같이 대중교통수단과 대중교통시설의 서비스 및 성능평가가 이루어져야 함. 예컨대, 대중교통수단의 차량내혼잡도 뿐만 아니라, 노선연장, 정류장 수 등의 대중교통시설에 대한 성능평가, 이들 대중교통수단 및 시설을 이용하는 승하차승객수 등이 모두 성능평가의 대상이 됨
  - 반면, 개인교통수단은 ‘자동차’라는 교통수단이 이용하는 교통인프라와 해당 교통인프라 상에서 자동차에 의한 교통류 특성이 성능평가의 대상이 됨
- 본 연구에서는 이러한 교통수단에 의한 교통망 분류를 **대중교통망**과 **자동차교통망**으로 분류함

2) 『대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률』 제2조에서 “대중교통”은 대중교통수단 및 대중교통시설에 의하여 이루어지는 교통체계로 정의되고 있음.

## 2) 교통서비스 관련 주체에 의한 분류

- 『국가통합 교통체계 효율화법』 제2조에서 교통체계는 사람 또는 화물의 운송과 관련된 활동을 효과적으로 수행하기 위하여 서로 유기적으로 연계된 교통수단, 교통시설 및 교통운영과 이와 관련된 산업 및 제도로 정의됨
- 상기한 교통체계에 대한 정의를 바탕으로 교통체계의 주요 요소는 이용자(이용주체)(사람 또는 화물), 교통수단, 교통인프라(교통시설 및 운영과 관련된 산업 및 제도)로 분류할 수 있음
- 본 연구에서는 이들 교통체계의 주요 요소를 교통서비스 관련 주체로 정의하며, 이들을 교통체계 **이용주체**(사람 및 화물), **공급주체**(교통수단 및 교통시설 공급·운영), **시스템전반운영주체**(관련 산업 및 제도)로 재분류하고자 함
- 3가지로 재분류한 교통서비스 관련 주체별 성능평가 요소는 다음과 같이 분류할 수 있음
  - － 교통체계 공급요소: 대중교통수단, 대중교통은행노선, 도로/철도인프라 등
  - － 교통체계 이용요소: 도로/철도인프라 이용량(시간, 거리, 횟수 등), 교통류특성, 사고 등
  - － 교통시스템전반운영: 도로/철도인프라 공급과 수요간 불균형에 의한 비용 발생 등

## 나. 교통망성능평가 요소

- 교통망성능평가에 있어 지표 산정을 통한 평가 및 측정 요소가 무엇인지 분류할 필요가 있음
- TRB(2010)의 “NCHRP Report 664: Measuring Transportation Network Performance”에서는 교통망성능평가(Network Performance Measurement)를 모든 교통수단과 인프라 투자, 운영(운영기관)을 포함한 교통시스템 전반을 평가하는 것으로 정의하고 있음
- 영국 런던의 교통기관 운영기관인 TfL(Transport for London)에서는 매년 “London Travel Report”이라는 모든 교통수단의 수송실적과 도시통행특성자료를 수록한 자료모음집을 발간하고 있는데, 여기에서는 통행패턴, 대중교통수송실적, 개인교통, 화물, 교통사고, 사회경제지표, 교통환경, 접근성, 항공승객의 9개 대분류 항목의 지표를 제시하고 있음
- 미국의 교통망성능평가의 정의와 영국의 교통망성능평가와 관련된 지표들은 교통체계의 평가가 갖추어야 할 요소를 간접적으로 제시하고 있음. 즉, 이들 지표들은 교통인프라의 공급정도, 교통서비스의 질(quality), 교통과 관련된 사회·경제·환경요소를 측정하고 있는 것임
- 우리나라 『국가통합 교통체계 효율화법』에서는 ‘교통’을 사람 또는 화물을 한 장소에서 다른 장소로 이동하기 위한 행위, 활동, 기능 또는 과정으로 정의하고 있는바, 교통 활동을 가능케

하는 인프라 구축 및 공급, 이동 행위, 이동 기능 수행 중의 행태를 평가할 수 있어야 함

- 여기에서는 교통망성능평가 요소를 인프라 구축(공급)정도, 교통서비스의 수준(이동행태, 이동 행위, 이동 기능 수행 중의 행태), 사회환경적 요소로 나누고, 이를 기준으로 교통망성능 평가 체계로서 갖추어야 할 요소를 설정하고자 함

### 1) 인프라 구축(Infrastructure)

- 이는 교통체계 공급주체의 교통서비스 제공을 위한 인프라 구축 정도를 가늠할 수 있는 평가 체계 및 평가 지표를 말함
- 대중교통망에서는 버스 및 철도교통서비스의 운행노선 및 정류장, 운행차량, 운행시간, 운행 거리 등이 있음
- 자동차교통망에서는 도로연장(km, km.lanes), 차로수, 포장상태, 도로유형 등이 있음

### 2) 교통서비스수준: 이동성(Mobility), 신뢰성(Reliability) 및 안전성(Safety)

- 이는 교통체계 이용주체가 교통서비스를 누리면서 발생하는 교통류특성과 그 교통서비스의 수준을 가늠할 수 있는 것으로, 교통서비스의 질적 평가 체계 및 평가 지표를 말함
- 이는 교통의 기본 기능인 이동성, 접근성, 정시성, 편리성을 평가할 수 있는 지표로서, 대중교통망에서는 이용수요량과 차내 혼잡도, 운행시각준수율 등이 있음
- 자동차교통망에서는 이동성 및 혼잡도를 가늠할 수 있는 교통량, 통행속도, 통행시간, 혼잡도 등과, 안전성을 가늠할 수 있는 교통사고와 관련된 지표 등이 있음

### 3) 지속가능성 및 환경적 요소

- 교통시스템(전반)운영주체의 효율성을 평가하는 체계 및 지표로서, 교통기능 수행에 따른 외부효과(온실가스 배출량, 혼잡비용 등)를 가늠할 수 있는 지표를 말함
- 대중교통망에서는 온실가스배출량, 대중교통운행비용, 운임수입 등이 있음
- 자동차교통망에서는 혼잡비용, 온실가스배출량, 환경오염비용 등이 있음

#### 다. 교통망성능평가 체계 정립

- 앞에서 살펴본 교통망분류(교통수단, 교통서비스 관련 주체)와 교통망성능평가 요소를 바탕으로 본 연구에서 설정한 교통망성능평가 체계는 다음의 3단계로 분류함
  - － 첫째, 교통망성능평가 체계를 교통수단 분류에 의하여 자동차교통망과 대중교통망으로 분류함
  - － 둘째, 자동차교통망과 대중교통망 각각의 분류 아래 교통서비스 관련 주체에 따른 분류에 의하여 교통인프라 공급측면, 교통체계 이용측면, 교통시스템 전반측면으로 분류함
  - － 셋째, 상기 두 분류기준으로 나뉘어진 2차원 분류체계 내 교통망성능평가 요소별 정량화된 수치를 제시할 수 있는(또는 잠재적으로 정량화 가능한) 세부 평가항목들을 설정하였음

<표 5-1> 교통망성능평가 체계 분류

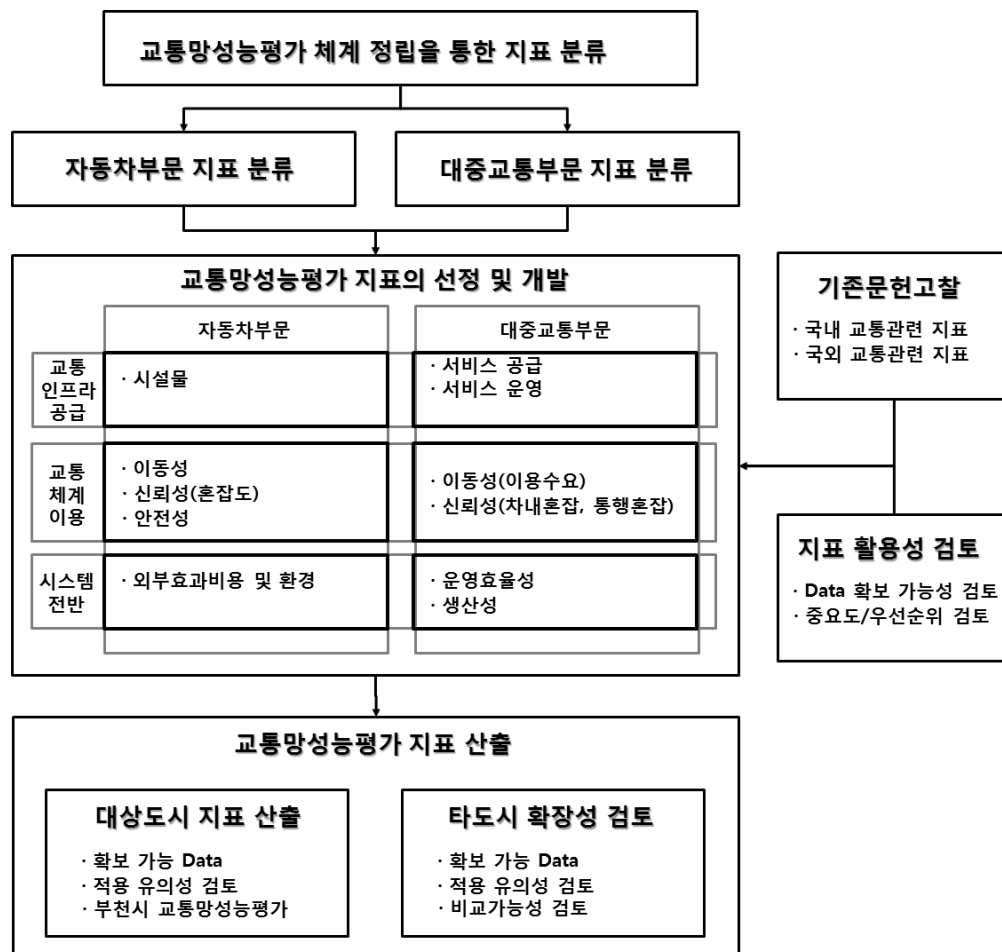
구분	자동차교통망 성능평가지표	대중교통망 성능평가지표
교통인프라 공급	· 시설물	· 서비스 공급 · 서비스 운영 · 서비스 접근성
교통체계 이용	· 이동성 · 신뢰성(혼잡도) · 안전성	· 이동성(이용수요) · 신뢰성
시스템전반	· 외부효과비용 및 환경	· 운영효율성 · 생산성

- 위의 교통망성능평가 분류 체계에 의해 본 연구에서 검토하는 세부 성능평가지표의 정의 및 산출 방안은 다음 절에서 설명하고자 함



#### 4. 교통망성능평가 절차

- 본 연구에서는 앞에서 설정한 교통망성능평가 체계에 맞추어 다음과 같이 지표를 개발하고 자 함
  - 국내외 문헌검토를 통해 교통망성능평가 지표들을 살펴보고, 본 연구에서 설정한 교통망성능평가 체계에 맞추어 분류
  - 대상도시의 수집·확보 가능 Data를 바탕으로 각 지표들의 산출 가능성을 검토
  - 전문가대상 설문조사를 통해 지표의 중요도 및 우선순위를 검토, Data 수집·확보 가능성을 고려하여 교통망성능평가 지표 선정
  - 대상도시의 각 부문별(자동차부문, 대중교통부문) 교통망성능평가 및 지표 산출
  - 대상도시 외 타 도시로의 확장 적용을 위한 문제점 및 한계점 검토



<그림 5-3> 교통망성능평가 절차



## 제2절 자동차부문 교통망성능평가 지표 선정 및 개발

- 본 절에서는 자동차부문 교통망성능평가 지표 선정 및 개발을 위해 기존 연구 및 문헌으로부터 지표들의 Pool을 구축하고 이들 지표들을 평가하여 우선순위 및 중요도를 도출하고자 함
- 기존 연구 및 문헌에서 제시된 지표들은 본 연구에서 제시한 성능평가지표 체계 분류에 부합되도록 교통인프라 공급측면 지표, 교통체계 이용측면 지표, 교통시스템전반 측면 지표로 재분류함

### 1. 교통인프라 공급측면의 교통망성능평가 지표

- 총 도로연장(km): 도로연장의 총 합계. 총체적 개념의 도로 네트워크 인프라 구축 정도를 나타냄. 도로 등급별·기능별 연장(km)으로 제시 가능할 경우 별도로 제시함
  - 도로 등급은 『도로법』 제8조에 따라 고속국도, 일반국도, 특별시도·광역시도, 지방도, 시도, 군도, 구도로 구분됨
  - 도로 기능은 『도로법』 제8조 및 동법 시행규칙 제3조에 따라 주간선도로, 보조간선도로, 집산도로, 국지도로로 구분됨
  - 한편, 『도로법』 시행규칙 제3조에서는 도로 등급과 기능을 <표 5-2>와 같이 분류함

<표 5-2> 도로법에 의한 도로 기능 및 등급의 분류

도로 기능		도로 등급
고속도로		·고속도로 ·도시고속도로: 도시지역에 있는 고속도로는
일반도로	주간선도로	·일반국도, 특별시도·광역시도
	보조간선도로	·일반국도, 특별시도·광역시도, 지방도, 시도
	집산도로	·지방도, 시도, 군도, 구도
	국지도로	·군도, 구도

- 차로수(lane) : 개별 링크의 차로수
- 차로수 고려 총 도로연장(km·lane) : 차로수를 고려한 도로연장. 도로연장과 차로수의 곱으로 산정함. 도로 등급별 차로수 고려 총연장(km·lane)과 도로 기능별 차로수 고려 총연장(km·lane)으로 제시 가능할 경우 별도로 제시함

- 버스전용차로 유무, 버스전용차로 도로연장 : 링크별 버스전용차로의 존재 유무, 도시(특정 지역)내에서 버스전용차로의 총연장(km)
- 승용차 도로 연장(km) : 버스전용차로를 제외한 (승용차가 이용 가능한)도로의 연장(km)
- 차로수 고려 승용차 도로 연장(km/lane) : 도시(특정 지역)내에서 버스전용차로를 제외한 (승용차가 이용 가능한)도로의 연장과 차로수의 곱으로 산정
- 토지 면적 중 도로면적 비율(%) : 도시(특정 지역)내 전체 토지 면적 중 도로면적의 비율(%)
- 토지 면적 중 승용차 도로면적 비율(%) : 도시(특정 지역)내 전체 토지 면적 중 버스전용차로를 제외한 (승용차가 이용 가능한)도로면적의 비율(%)
- 설계속도 및 제한속도 : 링크별 설계속도(km/h) 또는 제한속도(km/h)
- 신호등 개소(개소) : 도시(특정 지역)·교통축 내 신호등 개소수
- 중앙분리대 설치 유무, 중앙분리대 설치 도로연장 : 링크별 중앙분리대의 존재 유무, 도시(특정 지역)내에서 중앙분리대가 존재하는 도로의 총연장(km)
- 도로 포장율(%) : 도로연장 중 포장(아스팔트, 콘크리트)된 연장의 비율로서, 총 도로연장 중 도로포장율과 도로의 등급과 기능별 도로포장율로 나눌 수 있음
- 주차면수(면) : 도시(특정 지역) 내 주차면수(면)
- 토지 면적 중 주차면수(면) : 도시(특정 지역) 내 단위 토지 면적 당 주차면수(면) 또는 주차면적

## 2. 교통체계 이용측면의 교통망성능평가 지표

### 가. 이동성(Mobility)

- 이동성(Mobility)이란 사람이나 화물이 특정 목적을 가지고 원하는 목적지에 도달하도록 해 주는 교통체계의 기능을 말함(Imperial College London, 2011)
- 이동성 지표는 사람이나 화물이 교통수단을 활용하여 목적지에 도달할 수 있는 교통체계의 능력, 이용자 측면에서 특정 공간 내 교통서비스의 밀도를 측정할 수 있어야 함
- 이동성 지표는 주로 통행시간(Travel Ttime) 및 통행시간에 영향을 미치는 요소들과 관련됨

## 1) 통행속도(Speed)

- 링크통행속도(km/h) : 링크를 통과하는 차량통행속도, 시간대별첨두사비첨두사1일 평균 통행속도(km/h)
- 기종점간 평균통행속도(km/h) : 특정 기종점 간 평균통행속도로 구간통행속도를 의미함
- 평균주행속도(Average Travel Speed) : 특정 지역을 통과하는 차량들의 평균 주행속도

## 2) 통행시간(Travel Time)

- 링크통행시간(sec) : 링크를 통과하는 차량통행시간, 시간대별첨두사비첨두사1일 평균 통행시간(sec)
- 기종점간 평균통행시간(sec) : 특정 기종점간 통행시 소요되는 통행시간으로, 문헌에 따라서 총통행시간으로 명명되기도 함
- 차량주행시간(Vehicle-Hours Traveled, VHT) : 개별 링크 및 도시(특정 지역) 내에서 차량이 주행한 통행시간의 총합
- 차량 평균주행시간(Average Vehicle Travel Time) : 도시(특정 지역) 내 차량이 주행한 평균 시간
- 여객주행시간(Passenger-Hours Traveled, PHT) : 사람이 차량 주행을 통해 통행한 통행시간의 총합
- 여객 평균주행시간(Average Passenger Travel Time) : 도시(특정 지역) 내 사람이 차량주행을 통해 주행한 평균 시간

## 3) 교통량(Traffic Volume)

- 총교통량(Total Traffic Volume) : 일정 기간 내 개별 링크를 통과하는 차량 대수(대/시, 대/일, 대/년)
- 차종별 교통량 : 일정 기간 내 개별 링크를 통과하는 승용차, 버스, 화물차량 등의 차종별 교통량(대/시, 대/일, 대/년)
- 총통행량(Total Travel Volume) : 도시(특정 지역)에서 일정 기간 내 통행하는 차량 대수(대/시, 대/일, 대/년)
- 차종별 통행량 : 도시(특정 지역)에서 일정 기간 내 통행하는 승용차, 버스, 화물차량 등의 차종별 통행량(대/시, 대/일, 대/년)
- 도로연장 km당 차량 통행량 : 해당 지역의 총통행량을 도로 연장으로 나눈 값(대/km/일, 대/km/년)

- 인구 1인당 통행량 : 승용차 통행량을 인구수로 나눈 값(대/인/일, 대/인/년)
- 기종점통행량 : 지역 간(기종점 간)에서 일정 기간 내 통행하는 차량 대수(대/시, 대/일, 대/년)

#### 4) 차량주행거리(Vehicle Kilometers Traveled)

- 차량주행거리(Vehicle Kilometers Traveled) : 도시(특정 지역) 내 차량이 주행한 거리
- 차량 평균주행거리(Average Trip Length) : 도시(특정 지역) 내 차량이 주행한 평균 통행거리
- 여객주행거리(Passenger Kilometers Traveled, PKT) : 도시(특정 지역) 내 사람이 차량으로 주행한 거리
- 여객 평균주행거리(Average Trip Length) : 도시(특정 지역) 내 사람이 차량주행을 통해 주행한 평균 거리

#### 나. 신뢰성(Reliability)

- 신뢰성(Reliability)은 이동의 용이성(the ease of mobility)을 표현해주는 교통체계의 주요한 기능이며(Imperial College London, 2011), 사람이나 화물의 통행시간, 통행시간의 변동, 속도, 시설의 용량 등과 관련됨
- 기존 문헌들에서 혼잡도를 나타내는 지표는 혼잡상태에서의 이동성 지표들의 변화를 보여주고 있음. 예를 들어, 비혼잡시 대비 혼잡상태에서의 통행시간 및 통행속도의 변화, 혼잡상태의 통행량, 혼잡상태의 통행거리 등이 있음
- 이와 같이 혼잡도를 나타내기 위해 사용되는 이동성 지표들은 통행속도기반 지표, 통행시간기반 지표, 교통량기반 지표들이 있음

##### 1) 통행속도기반 지표

- Speed Reduction Factor : 자유통행속도(Free-Flow Speed)대비 첨두시간대(오전첨두, 오후첨두 모두 포함) 평균속도의 비율

## 2) 통행시간기반 지표

- 혼잡율 : 자유통행상태의 통행시간 대비 첨두시간대 평균통행시간의 비율
- 지체시간 : 자유통행상태의 통행시간 대비 첨두시간대 평균통행시간의 차이(초, 분). 자유통행상태 보다 첨두시간대 추가로 소요되는 통행시간을 의미함

## 3) 통행속도·시간·교통량기반 지표

- 차량통행지체(Travel Delay): 자유통행상태 대비 추가로 소요되는 차량통행시간(대·시)
- 여객통행지체(Person Delay): 자유통행상태 대비 추가로 소요되는 여객통행시간(인·시)
- 첨두시 차량통행시간(Peak Period Travel Time) : 첨두시간대에 소요된 차량통행시간(대·시)
- 통행시간지표(TTI, Travel Time Index) : 자유속도상태의 통행시간 대비 첨두시간 통행시간의 비율. 통행시간기반 지표 중 혼잡율은 통행시간(초, 분)만으로 산출하나, 통행시간지표는 차량통행시간(대·시)으로 산출함
- 통근자스트레스지수(CSI, Commuter Stress Index) : 첨두시간대의 방향성이 고려된 통행시간지표(TTI)로서, 자유속도상태의 통행시간 대비 첨두시간대 더 혼잡한 방향 통행시간의 비율
- Planning Time Index(PTI) : 자유속도상태의 통행시간 대비 월중 최대 통행시간의 비율. 월중 최대 통행시간이란 월중 업무일인 평일 20일을 기준으로 가장 오래 걸린 통행시간(20번째 통행시간)으로, Texas A&M Transportation Institute(TTI)의 “Urban Mobility Report(UMR) 2012”에서는 직장인이 월중 1일을 지각할 수 있는 통행시간을 의미한다고 언급함
- Buffer Time Index(BTI): 자유속도상태의 통행시간 대비 월중 최대 통행시간의 차이
- 도로혼잡밀도(Traffic Density Ratio) : 차로당 차량 밀도, 차로수고려 도로연장(lane·km)대비 차량주행거리(VKT)로 산출함(대/lane)
- 주행속도편차: 도시(특정 지역) 내 각 링크의 평균주행속도 편차
- 서비스수준(LOS, Level of Service) : 개별링크 및 도시(특정 지역)의 교통서비스 수준(서비스수준은 도로의 기능 및 등급에 따라 교통량Data없이 통행속도Data만으로도 가능할 수 있어 통행속도기반 지표로 볼 수도 있음)
- V/C ratio: 도로용량 대비 교통량의 비율

## 다. 안전성

### 1) 사고건수

- 차량당 사고건수(건/1억대)
- VKT당 사고건수(건/1억대·km/년)
- PKT당 사고건수(건/10만인·km/년)
- 도로등급별 사고건수(건/년)
- 도로등급별 VKT(VMT)당 사고건수(건/1억대·km/년)

### 2) 사망자/부상자수

- 차량당 사망자/부상자수(인/1억대/년)
- VKT당 사망자/부상자수(인/1억대·km/년)
- PKT당 사망자/부상자수(인/10만인·km/년)
- 도로등급별 사망자/부상자수(건/년)
- 도로등급별 VKT당 사망자/부상자수(인/1억대·km/년)

## 3. 교통시스템전반측면의 교통망성능평가 지표

### 1) 환경적 지속성

- 대기오염물질 배출량 : 교통부문에서 발생하는 대기오염물질 배출량(ton/년)
- VKT당 대기오염물질 배출량(ton/대·km)
- 교통소음 노출 인구비율 : 도시(특정 지역)에서 65dB이상의 교통소음 노출된 인구비율(%)
- 차량폐기물의 재활용 비율 : 차량폐기물 중 재활용된 자재들의 비율(%)

## 2) 경제적 효율성

- 교통혼잡비용 : 교통혼잡으로 인한 비용(백만원/년)
- 차량당 혼잡비용 : 도시(특정 지역)의 차량 1대당 교통혼잡비용으로, 교통혼잡비용을 차량등록대수로 나눈 값임(백만원/대/년)
- 차량통행당 혼잡비용 : 도시(특정 지역)의 1 통행당 교통혼잡비용으로, 교통혼잡비용을 총통행량으로 나눈 값임(백만원/대/년)
- VKT당 혼잡비용 : 도시(특정 지역)내 차량주행거리당 교통혼잡비용(백만원/대·km/년)
- 차량운행비용(W) : 도시(특정 지역)내 차량운행비용(백만원/년)
- 차량당 차량운행비용 : 도시(특정 지역)내 차량 1대당 차량운행비용으로, 차량운행비용을 차량등록대수로 나눈 값임(백만원/대/년)
- 차량통행당 차량운행비용 : 도시(특정 지역)내 1 통행당 차량운행비용으로, 차량운행비용을 총통행량으로 나눈 값임(백만원/대/년)
- VKT당 차량운행비용 : 도시(특정 지역)내 차량주행거리당 차량운행비용(백만원/대·km/년)
- 교통부문 총 에너지 소비량 : 도시(특정 지역)내 차량의 이동으로 인한 에너지 소비량(톤/년)
- 차량당 에너지 소비량 : 도시(특정 지역)내 차량 1대당 에너지 소비량으로, 교통부문 총 에너지 소비량을 차량등록대수로 나눈 값(톤/대/년)
- 차량통행당 에너지 소비량 : 도시(특정 지역)내 1 통행당 에너지 소비량으로, 교통부문 총 에너지 소비량을 총통행량으로 나눈 값(톤/대/년)
- VKT당 에너지 소비량 : 도시(특정 지역)내 차량주행거리당 에너지 소비량(톤/대·km/년)
- 사고비용 : 도시(특정 지역)내 교통사고로 인한 사고비용(백만원/년)
- 차량당 사고비용 : 도시(특정 지역)내 차량 1대당 사고비용으로 사고비용을 차량등록대수로 나눈 값(백만원/대/년)
- 차량통행당 사고비용 : 도시(특정 지역)내 1 통행당 사고비용으로 사고비용을 총통행량으로 나눈 값(백만원/대/년)
- VKT당 사고비용 : 도시(특정 지역)내 차량주행거리당 교통사고비용(백만원/대·km/년)

&lt;표 5-3&gt; 자동차부문 교통망성능평가 지표 Pool

분류	자동차교통망 성능평가지표 세부지표	
교통 인프라 공급	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 총 도로연장(등급 구분/기능 구분)(km)</li> <li>· 차로수(차로)</li> <li>· 차로수 고려 총 도로연장(등급 구분/기능 구분)(km·lane)</li> <li>· 버스전용차로 유무, 버스전용차로 도로연장(km)</li> <li>· 승용차 도로 연장(km)</li> <li>· 차로수 고려 승용차 도로 연장(km·lane)</li> <li>· 토지 면적 중 도로면적 비율(%)</li> <li>· 토지 면적 중 승용차 도로면적 비율(%)</li> <li>· 설계속도(km/h), 제한속도(km/h)</li> <li>· 신호등 개소(개)</li> <li>· 중앙분리대 유무, 중앙분리대로 구분된 도로연장</li> <li>· 도로포장율(%)</li> <li>· 주차면수(면)</li> <li>· 토지 면적 중 주차면수(면)</li> </ul>	
교통 체계 이용	이동성	<b>- 통행속도</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 링크통행속도(km/h)</li> <li>· 기종점간 평균통행속도(km/h)</li> <li>· 평균주행속도(km/h)</li> </ul>
		<b>- 통행시간</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 링크통행시간(초)</li> <li>· 기종점간 평균통행시간(분)</li> <li>· VHT(대·h)</li> <li>· VHT/Total Volume(시)</li> <li>· PHT(인·h)</li> <li>· PHT/Total Passengers(시)</li> </ul>
		<b>- 교통량</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 총교통량(대/일)</li> <li>· 차종별 교통량(대/일)</li> <li>· 총통행량(대/일)</li> <li>· 차종별 통행량(대/일)</li> <li>· 도로연장당 차량 통행량(대/km/일)</li> <li>· 인구 1인당 통행량(대/인/일)</li> <li>· 기종점통행량(대/일)</li> </ul>
		<b>- 차량주행거리</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 차량주행거리(VKT)(대·km)</li> <li>· VKT/Total Volume(km)</li> <li>· 여객주행거리(PKT)(인·km)</li> <li>· PKT/Total Passengers(km)</li> </ul>
	신뢰성	<b>- 통행속도기반 지표</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Speed Reduction Factor</li> <li>· 서비스수준</li> </ul>
		<b>- 통행시간기반 지표</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 혼잡율</li> <li>· 지체시간(초, 분)</li> </ul>
		<b>- 통행속도·시간·교통량기반 지표</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 차량통행지체(대·시)</li> <li>· 여객통행지체(인·시)</li> <li>· 침두시 차량통행시간(대·시)</li> <li>· 통행시간지표(TTI)</li> <li>· 통근자스트레스지수(CSI)</li> <li>· PTI, BTI</li> <li>· 도로혼잡밀도(Traffic Density Ratio)(대/lane)</li> <li>· 주행속도편차</li> <li>· 서비스수준</li> <li>· V/C</li> </ul>
	안전성	<b>- 사고건수</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 차량당 사고건수(건/1억대)</li> <li>· VKT(VMT)당 사고건수(건/1억대·km)</li> <li>· PKT(PMT)당 사고건수(건/1만인·km)</li> <li>· 도로등급별 사고건수</li> <li>· 도로등급별 차량주행거리당 사고건수(건/1억대·km)</li> </ul>
		<b>- 사망자/부상자수</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 차량당 사망자/부상자수(인/1억대)</li> <li>· VKT(VMT)당 사망자/부상자수(인/1억대·km)</li> <li>· PKT(PMT)당 사망자/부상자수(인/10만인·km)</li> <li>· 도로등급별 사망자/부상자수</li> <li>· 도로등급별 차량주행거리당 사망자/부상자수(인/1억대·km)</li> </ul>



## &lt;표 계속&gt;

분류	자동차교통망 성능평가지표 세부지표
시스템 전반	<b>- 환경지속성</b> · 대기오염물질 배출량(ton/년) · VKT당 대기오염물질 배출량(ton/대·km)
	· 교통소음 노출 인구비율(%) · 차량폐기물의 재활용 비율(%)
	<b>- 경제적 효율성</b> · 교통혼잡비용(백만원/년) · 차량당 혼잡비용(백만원/대/년) · 차량통행당 혼잡비용(백만원/대/년) · VKT당 혼잡비용(백만원/대·km/년) · 차량운행비용(백만원/년) · 차량당 차량운행비용(백만원/대/년) · 차량통행당 차량운행비용(백만원/대/년) · VKT(VMT)당 차량운행비용 (백만원/대·km/년) · 교통부문 총 에너지 소비량(ton/년)
	· 차량당 에너지 소비량(ton/대/년) · 차량통행당 에너지 소비량(ton/대/년) · VKT(VMT)당 에너지 소비량 (ton/대·km/년) · 사고비용(백만원/년) · 차량당 사고비용(백만원/대/년) · 차량통행당 사고비용(백만원/대/년) · VKT(VMT)당 사고비용 (백만원/대·km/년)

#### 4. 자동차부문 교통망성능평가 지표 선정

##### 가. 자동차부문 교통망성능평가 지표의 기본요건

- 본 연구에서는 자동차부문 교통망성능평가 지표로서 갖추어야 할 요건으로 적합성(합목적성), 산출용이성, 갱신가능성, 비교가능성의 4가지를 선정하였으며, 4가지 성능평가 지표 요건은 <표 5-4>와 같음

<표 5-4> 자동차부문 교통망성능평가 기본요건

기본 요건	내 용
적합성	지표로서 교통망 성능평가를 할 수 있는 기준이어야 함
산출용이성	객관적이고 정량적으로 측정할 수 있으며 산출이 용이해야 함
갱신가능성	산출값을 (일정 주기 마다)갱신할 수 있어야 함
비교가능성	지역 간 비교, 교통관련 정책 시행 전·후 비교를 할 수 있어야 함

##### 나. 자동차부문 교통망성능평가 지표 선정 방안<sup>3)</sup>

###### 1) 지표 선정 절차

- 자동차부문 교통망성능평가 지표 개발 절차는 다음과 같음
  - 첫째, 기존 문헌들에서 살펴본 자동차부문 교통망성능평가 지표들을 본 연구에서 분류한 공급·수요·시스템·전반·요소별 지표로 분류
  - 둘째, 교통부문관련 산·학·연·관 전문가들을 대상으로 설문조사를 통해 자동차부문 교통망성능평가 지표를 평가
  - 셋째, 지표 산출을 위한 Data 확보 유무에 따라 최종 자동차부문 교통망성능평가 지표 선정
- 교통관련 산·학·연·관 전문가들에게 4가지 기본요건들의 상대적 중요도와 개별 요건을 바탕으로 한 교통망성능평가 지표의 유용성을 5점 척도로 평가하도록 하였음
- 전문가 대상 설문조사결과를 토대로 스윙기법(swing weighting method)과 평정법(rating scale method)을 적용하여 교통망성능평가 지표의 평가를 수행하였고, 대상 도시의 확보 가능한 Data를 바탕으로 측정가능성을 검토하였음

3) 한상용 외(2006), 국토해양부·한국건설교통기술평가원(2008)에서 사용된 성과지표(성과지표) 및 효과평가척도(MOE, Measure of Effect) 개발절차를 인용함.

- 전문가들이 교통망성능평가 지표를 평가하기 위해 4개의 기본요건  $\mathbf{X} = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ 에 대한 효용함수는 다속성 효용함수(multi-attribute utility function)의 형태로 다음과 같이 정의됨

$$U(\mathbf{X}) = U(x_1, x_2, x_3, x_4)$$

- 개별 기준요건별 유용성을 평가하는 전문가들의 다속성 효용함수는 스윙기법을 적용하여 도출된 개별 기본요건들의 상대적 중요도를 의미하는 가중치  $k_i$ <sup>4)</sup>와 개별 요건의 단일속성 효용함수를 선형결합 형태로 구성하여 아래식과 같이 가법형 함수형태를 선택함

$$U(\mathbf{X}) = \sum_{i=1}^n k_i \cdot U_i(\mathbf{X})$$

- 최종적인 전문가들의 교통망성능평가 지표들에 대한 평가는 다속성 효용함수 값을 이용하여 수행함

## 2) 스윙기법(Swing weighting method)

- 이 단계는 전문가들로부터 자동차부문 교통망성능평가 지표 기본요건들의 상대적 중요성에 대한 태도를 결정하는 과정임
- 전문가들은 중요도의 순서로 기본요건들의 순위를 정한 후 가중치를 부여함. 이 때 가중치는 상대적 중요도에 대한 전문가들의 가치판단을 나타냄
- 가중치를 결정하기 위해 다양한 방법이 사용되고 있지만 스윙기법이 가장 널리 사용되며 가장 적절한 방법으로 평가받고 있음(Dale et al., 1996). 스윙기법은 다속성 효용평가방법론(multi-attribute utility assessment)의 하나로써 다양한 평가기준들의 가중치 산정을 위한 의사결정문제 해결에 활용될 수 있음(Clemen, 1996)
- 본 연구에서는 자동차부문 교통망성능평가 지표의 정량적 평가에서 사용된 4가지 기본요건의 상대적 중요도를 도출하기 위해 스윙기법을 활용하였음
- 스윙기법의 적용법은 다음과 같음
  - 기본요건들의 순위를 가장 중요한 것에서 가장 덜 중요한 것의 순서로 나열함
  - 가장 중요한 항목에 만점(100점)을 부여하고, 상대적 중요도에 따라 감소하는 형태로 점수를 매김

4)  $\sum_{i=1}^n k_i = 1$ 이 되도록 정규화(normalization)하여 유도.

- 개별 기본 요건들의 점수들을 정규화하고, 개별 기본요건들에 대한 산술평균과 기하평균을 구하여 전문가 집단 전체의 개별 기본 요건들에 대한 가중치 도출

### 3) 평정법(Rating scale method)

- 개별 기본 요건들의 상대적 중요도(가중치)를 산출 후 평정법(rating scale method)을 적용하여 해당 교통망성능평가 지표가 각 개별 기본 요건을 기준으로 할 때 얼마나 유용성을 갖고 있는지 Likert 척도의 형태로 점수를 부여함

### 4) 지표 평가분석

- 스윙기법과 평정법을 적용하여 교통망성능평가 지표에 대한 다속성 효용함수가 얻어진 후, 5점 척도로 구해진 기본 요건별 개별 지표들의 평가결과를 <그림 5-4>와 같은 방식으로 단일속성 효용함수 ( $U_i(X)$ ) 값으로 계량화함

5점 척도	단일속성 효용함수 값( $U_i(X)$ )
전혀 유용하지 않다	0
유용하지 않다	25
보통이다	50
유용하다	75
매우 유용하다	100

<그림 5-4> 단일속성 효용함수 값으로의 계량화 과정

- 본 연구에서는 Zimmermann(1987)이 가장 적절한 방법으로 추천한 평균 연상법을 사용하여 효용함수 값들을 종합화함. 모든 전문가들에 의해 산출된 효용함수 값을 아래의 식과 같이 산술평균하여 최종적인 효용함수 값을 도출하였음

$$W^A = \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=1}^p U_{ai}^A + \sum_{j=1}^q U_{bj}^A + \sum_{k=1}^r U_{ck}^A + \sum_{l=1}^s U_{dl}^A \right\}$$

여기서,  $W^A$ 는 예비효과평가척도 A에 대한 전문가 집단 전체의 효용함수 값

$$n = p + q + r + s,$$

n : 산·학·연·관에 속한 총 전문가 수

p : 산업계(a)에 속한 전문가 수

q : 학계(b)에 속한 전문가 수

r : 연구소(c)에 속한 전문가 수

s : 관(정부)(d)에 속한 전문가 수

- 상기한 과정을 통해 도출된 교통망성능평가 지표에 대한 전문가 집단 전체의 효용함수 값을 서열화하고, 대상지역에서 확보 가능한 Data를 고려한 실제 측정가능성을 조사하여 최종 자동차부문 교통망성능평가 지표를 선정하였음

#### 다. 자동차부문 교통망성능평가 지표 선정

##### 1) 지표 평가 요건항목 가중치 산정

- 본 연구에서는 자동차부문 교통망성능평가 지표 선정을 위해 총 20명의 전문가들을 대상으로 설문조사를 시행하였음

<표 5-5> 소속기관별 설문참여자 현황

분 야	설문 응답자 소속기관 현황	인원(수명)
산업계	유신코퍼레이션 배성일 부사장 외 4인	5
학 계	홍익대학교 추상호 교수 외 5인	6
연구소	서울연구원 고준호 박사 외 4인	5
관(정부)	서울시청 이수진 팀장 외 3인	4
총 계		20

- 전문가들의 설문응답결과를 바탕으로 스윙기법(swing weighting method)을 적용하여 도출한 교통망성능평가 지표 기본 요건들의 가중치는 적합성, 산출용이성, 비교가능성, 갱신가능성의 순으로 나타났음

&lt;표 5-6&gt; 자동차부문 교통망성능평가 지표 기준 요건들의 가중치 분석결과

평가집단	구분	적합성	산출용이성	갱신가능성	비교가능성
산업계	산술평균	0.2816	0.2635	0.2238	0.2310
	순 위	1	2	4	3
	기하평균	0.2821	0.2634	0.2238	0.2308
	순 위	1	2	4	3
학 계	산술평균	0.2795	0.2430	0.2368	0.2407
	순 위	1	2	4	3
	기하평균	0.2827	0.2443	0.2307	0.2423
	순 위	1	2	4	3
연구소	산술평균	0.2888	0.2563	0.2130	0.2419
	순 위	1	2	4	3
	기하평균	0.2892	0.2560	0.2132	0.2417
	순 위	1	2	4	3
관(정부)	산술평균	0.2833	0.2521	0.2295	0.2351
	순 위	1	2	4	3
	기하평균	0.2841	0.2524	0.2290	0.2345
	순 위	1	2	4	3
전 체	산술평균	0.2834	0.2538	0.2258	0.2370
	순 위	1	2	4	3
	기하평균	0.2845	0.2539	0.2244	0.2372
	순 위	1	2	4	3

## 2) 지표의 평가 결과

- Likert(5점)척도를 이용한 평정법(rating scale method)을 활용하여 전문가들의 기본 요건별 지표 평가 작업을 수행하였음
- 전문가 설문조사 결과 교통망성능평가 지표별 기본 요건에 대한 평가 결과는 <표 5-7>과 같음

&lt;표 5-7&gt; 기본 요건별 자동차부문 교통망성능평가 지표 평가결과

교통망성능평가 지표		적합성	산출용이성	갱신가능성	비교가능성
구분	지표명				
1	총 도로연장	3.94	4.59	4.65	4.41
2	차로수 고려 총 도로연장	3.94	4.18	4.24	4.47
3	버스전용차로 유무	3.47	4.29	4.18	3.65
4	버스전용차로 도로연장	3.53	4.29	4.24	3.76
5	승용차 도로 연장	3.41	3.71	3.82	3.41
6	차로수 고려 승용차 도로 연장	3.41	3.35	3.59	3.47
7	토지 면적 중 도로면적 비율	3.88	3.76	3.88	3.71

## &lt;표 계속&gt;

교통망성능평가 지표		적합성	산출 용이성	갱신 가능성	비교 가능성
구분	지표명				
8	토지면적 중 승용차 도로면적 비율	3.18	3.24	3.35	3.35
9	설계속도	3.71	3.29	3.24	3.24
10	제한속도	3.65	3.71	3.59	3.24
11	신호등 개소수	3.41	3.59	3.35	3.18
12	중앙분리대 설치 유무	3.06	3.18	3.18	2.71
13	중앙분리대 설치 도로연장	2.82	3.12	3.18	2.94
14	도로 포장율	3.12	3.71	3.47	3.18
15	주차면수	3.29	3.12	3.00	3.12
16	토지 면적 중 주차면수 비율	2.94	3.00	2.88	3.06
17	통행속도	4.59	3.18	3.41	4.29
18	기종점간 평균통행속도	4.06	3.00	3.18	3.76
19	통행시간	4.29	2.88	3.06	3.94
20	기종점간 평균통행시간	4.12	2.94	3.00	3.53
21	차량통행시간(VHT)	4.47	2.65	2.76	3.94
22	차량 평균통행시간	4.24	2.47	2.65	3.82
23	여객통행시간(PHT)	3.59	2.41	2.65	3.12
24	여객 평균통행시간	3.65	2.53	2.59	3.06
25	교통량	4.41	3.88	3.82	4.18
26	차종별 교통량	4.12	3.47	3.47	3.88
27	총통행량	3.94	3.24	3.12	3.71
28	차종별 통행량	3.82	3.06	3.06	3.41
29	도로연장 km당 통행량	4.00	3.00	2.94	3.94
30	인구 1인당 통행량	3.41	3.06	2.76	3.41
31	차량주행거리(VKT)	3.59	2.88	3.12	3.65
32	차량 평균주행거리	3.65	2.71	3.12	3.59
33	여객주행거리(PKT)	3.18	2.59	2.65	3.06
34	여객 평균주행거리	3.12	2.47	2.53	3.06
35	지체시간	4.29	2.76	2.76	3.82
36	Speed Reduction Factor	3.76	2.59	2.47	3.41
37	혼잡율	4.41	2.88	2.94	4.06
38	차량통행지체	4.24	2.71	2.76	3.82
39	여객통행지체	3.24	2.29	2.29	3.18
40	Peak Period Travel Time	3.47	2.35	2.53	3.53
41	통행시간지표(TTI)	3.65	2.35	2.35	3.76
42	통근자스트레스지수(CSI)	3.35	2.06	2.12	2.94
43	Planning Time Index(PTI)	3.12	2.24	2.18	2.82
44	Buffer Time Index(BTI)	2.88	2.24	2.18	2.76

## &lt;표 계속&gt;

교통망성능평가 지표		적합성	산출 용이성	갱신 가능성	비교 가능성
구분	지표명				
45	도로혼잡지표	3.94	2.71	2.71	3.59
46	주행속도편차	3.12	2.53	2.47	3.00
47	서비스수준	4.29	3.06	3.00	3.88
48	V/C ratio	4.35	3.29	3.41	4.18
49	차량당 사고건수	4.00	4.18	4.24	3.94
50	VKT당 사고건수	4.18	3.65	3.65	3.94
51	PKT당 사고건수	4.00	3.35	3.41	3.59
52	차량당 사고사망자/부상자수	3.76	3.76	3.76	3.59
53	VKT당 사고사망자/부상자수	3.76	3.35	3.35	3.53
54	PKT당 사고사망자/부상자수	3.71	3.24	3.18	3.41
55	대기오염물질 배출량	3.71	2.47	2.76	3.65
56	VKT당 대기오염물질 배출량	3.76	2.41	2.59	3.53
57	교통소음 노출 인구비율	2.94	2.06	2.18	2.71
58	차량폐기물 재활용 비율	2.24	1.82	1.88	2.06
59	교통혼잡비용	4.12	2.94	3.00	3.94
60	차량당 교통혼잡비용	3.94	2.76	2.82	3.53
61	VKT당 교통혼잡비용	3.71	2.53	2.59	3.53
62	차량통행당 교통혼잡비용	3.71	2.59	2.76	3.41
63	차량운행비용	3.06	2.53	2.53	3.24
64	차량당 차량운행비용	3.06	2.47	2.47	3.24
65	VKT당 차량운행비용	3.18	2.47	2.47	3.12
66	차량통행당 차량운행비용	3.18	2.47	2.47	2.94
67	에너지소비량	3.06	2.41	2.47	2.88
68	차량당 에너지소비량	3.18	2.47	2.53	2.88
69	VKT당 에너지소비량	3.06	2.53	2.41	2.94
70	차량통행당 에너지소비량	3.12	2.47	2.47	3.06
71	사고비용	3.47	3.24	3.06	3.29
72	VKT당 사고비용	3.47	3.00	2.71	3.29

주 : 위에 제시된 점수는 기본 요건별 개별 교통망성능평가 지표에 대한 유용성을 ①전혀 유용하지 않다, ②유용하지 않다, ③보통이다, ④유용하다, ⑤매우 유용하다 등 5점 척도로 표시한 것임

- 전문가들의 기본 요건에 대한 가중치와 교통망성능평가 지표에 대한 평가점수를 개별 기본 요건에 대한 단일속성 효용함수( $U_i(x_i)$ ) 값으로 변환하여 종합화함



- 자동차부문 교통망성능평가 지표에 대한 전문가들의 종합화된 평가 결과는 다음과 같음
  - 교통인프라공급 부문 지표는 총도로연장, 차로수 고려 총 도로연장, 버스전용차로 도로연장, 버스전용차로 유무, 토지 면적 중 도로면적 비율 순으로 집계(상위 5개 지표만 기술함)되었음
  - 교통체계 이용 부문 이동성 지표는 교통량, 통행속도, 차종별 교통량, 통행시간, 기종점간 평균통행속도 순으로 집계(상위 5개 지표만 기술함)되었음
  - 교통체계 이용 부문 신뢰성 지표는 V/C, 혼잡율, 서비스수준, 지체시간, 차량통행지체 순으로 집계(상위 5개 지표만 기술함)되었음
  - 교통체계 이용 부문 안전성 지표는 차량당 사고건수, VKT당 사고건수, 차량당 사고사망자/부상자수, PKT당 사고건수, VKT당 사고사망자/부상자수 순으로 집계(상위 5개 지표만 기술함)되었음
  - 교통체계시스템전반 부문 지표는 교통혼잡비용, 차량당 교통혼잡비용, 사고비용, 대기오염물질 배출량, 차량통행당 교통혼잡비용 순으로 집계(상위 5개 지표만 기술함)되었음

**<표 5-8> 자동차부문 교통망성능평가의 종합화된 평가결과**

교통망성능평가 지표		산업계	학계	연구소	관 (정부)	전 체
1	총 도로연장	86.3042	73.7286	92.7798	84.9717	84.4087
2	차로수 고려 총 도로연장	79.8511	66.2267	86.9134	85.1841	79.8196
3	버스전용차로 유무	55.0090	60.5008	89.1697	81.1331	72.0212
4	버스전용차로 도로연장	56.4079	62.0050	86.1462	86.0765	73.4670
5	승용차 도로 연장	53.6778	60.2193	60.6949	79.8159	64.4852
6	차로수 고려 승용차 도로 연장	48.8718	63.4705	59.0930	71.3314	61.2657
7	토지 면적 중 도로면적 비율	66.3357	59.2488	79.7383	74.6459	70.2667
8	토지면적 중 승용차 도로면적 비율	49.0298	49.7477	65.0496	62.0822	56.8269
9	설계속도	53.7906	56.7450	62.6805	63.9518	59.5893
10	제한속도	55.1218	64.2469	59.1606	73.9802	63.7780
11	신호등 개소수	55.0542	51.4800	56.8141	72.4929	59.6877
12	중앙분리대 설치 유무	42.9829	47.9862	46.9765	62.4646	50.7902
13	중앙분리대 설치 도로연장	39.7789	47.9862	43.3664	65.6657	50.1442
14	도로 포장율	66.2229	47.5301	56.3403	64.6601	59.0150
15	주차면수	50.3159	50.0000	52.1886	60.1133	53.5271

## &lt;표 계속&gt;

교통망성능평가 지표		산업계	학계	연구소	관 (정부)	전 체
16	토지 면적 중 주차면수 비율	45.3971	40.7512	47.4504	60.8357	49.2676
17	통행속도	77.3917	61.6896	72.0894	77.0822	72.3629
18	기종점간 평균통행속도	69.7428	44.4585	67.1480	69.1076	63.0277
19	통행시간	68.0957	58.7296	62.1390	67.2380	64.3293
20	기종점간 평균통행시간	58.9576	49.2139	61.1688	70.8499	60.6808
21	차량통행시간(VHT)	65.0496	57.1962	63.6507	63.7110	62.4259
22	차량 평균통행시간	65.0496	47.7096	60.2437	59.8017	58.2780
23	여객통행시간(PHT)	58.4838	41.2316	42.3511	53.3569	49.1388
24	여객 평균통행시간	56.7238	42.9785	45.9612	52.1388	49.6214
25	교통량	75.7897	69.9874	69.6074	90.4533	77.2196
26	차종별 교통량	66.8096	62.2428	60.8980	81.8980	68.7881
27	총통행량	64.8917	48.4666	64.1922	72.3513	63.0067
28	차종별 통행량	66.3357	43.9635	58.2356	65.8782	58.9788
29	도로연장 km당 통행량	69.3818	61.2189	61.4621	58.3428	62.3281
30	인구 1인당 통행량	66.2229	43.7354	52.0758	55.5949	54.4014
31	차량주행거리(VKT)	69.6977	56.2209	53.1363	53.7677	57.9184
32	차량 평균주행거리	68.2536	51.4752	55.1444	53.6544	56.8668
33	여객주행거리(PKT)	55.2798	49.9709	34.5668	48.0453	46.9932
34	여객 평균주행거리	53.5199	49.9709	28.7004	48.0453	45.1657
35	지체시간	57.2428	59.9670	63.2671	63.8952	61.2253
36	Speed Reduction Factor	52.4368	59.9961	44.1336	52.2380	52.2550
37	혼잡율	60.1309	67.9542	63.5605	68.4703	65.1956
38	차량통행지체	55.5957	55.4785	65.1625	64.6176	60.4353
39	여객통행지체	45.8709	42.7358	42.4188	45.7932	44.2480
40	Peak Period Travel Time	52.2338	46.9866	55.1218	45.5241	49.7075
41	통행시간지표(TTI)	57.0397	48.9858	53.8809	46.8130	51.3554
42	통근자스트레스지수(CSI)	50.7897	31.7304	37.4323	44.1926	41.1979
43	Planning Time Index(PTI)	45.8258	32.2399	39.6886	42.6204	40.2860
44	Buffer Time Index(BTI)	40.8619	30.4930	37.8836	42.6204	38.2707
45	도로혼잡지표	55.2798	46.2442	55.5054	66.7847	56.6256

&lt;표 계속&gt;

교통망성능평가 지표		산업계	학계	연구소	관 (정부)	전 체
46	주행속도편차	36.5298	33.4918	45.6453	59.9717	44.8584
47	서비스수준	60.6047	56.9827	60.3339	78.0453	64.7685
48	V/C ratio	66.3809	58.2201	66.6968	87.8612	70.7456
49	차량당 사고건수	73.8718	74.7331	68.0731	88.8244	77.0997
50	VKT당 사고건수	72.2699	59.9816	65.8168	85.2691	71.6694
51	PKT당 사고건수	63.1318	56.5023	58.1679	79.2776	65.1334
52	차량당 사고사망자/부상자수	59.7699	60.9812	65.0496	82.6771	68.0721
53	VKT당 사고사망자/부상자수	59.7699	52.2273	59.1832	76.4448	62.7860
54	PKT당 사고사망자/부상자수	55.2798	45.7492	56.2500	77.8612	59.9294
55	대기오염물질 배출량	53.8357	53.4501	46.5930	61.0340	54.1463
56	VKT당 대기오염물질 배출량	53.8357	48.9858	47.2699	58.4419	52.4964
57	교통소음 노출 인구비율	32.0397	34.4623	34.6570	45.7932	37.2190
58	차량폐기물 재활용 비율	29.9639	18.7500	30.0316	22.8329	25.2313
59	교통혼잡비용	58.9576	45.4678	64.9594	79.3768	63.1204
60	차량당 교통혼잡비용	51.1056	33.2492	63.3574	76.9405	57.3146
61	VKT당 교통혼잡비용	56.8818	30.2504	44.2238	74.5326	52.8263
62	차량통행당 교통혼잡비용	55.4377	33.2492	43.8628	75.7082	53.4988
63	차량운행비용	55.4377	38.9897	39.3953	49.9717	46.1678
64	차량당 차량운행비용	52.2338	34.4866	42.7121	51.1473	45.4625
65	VKT당 차량운행비용	60.0857	32.9823	42.7121	46.4448	45.5988
66	차량통행당 차량운행비용	47.7437	32.9823	41.2004	54.0368	44.5533
67	에너지소비량	47.4278	36.2481	41.4034	46.1756	42.9981
68	차량당 에너지소비량	44.5397	36.2481	41.4034	53.7677	44.5369
69	VKT당 에너지소비량	44.2238	33.2492	39.5984	55.1416	43.7610
70	차량통행당 에너지소비량	42.7798	31.5023	39.5984	61.3881	44.8336
71	사고비용	45.8709	39.0043	59.5668	77.9462	56.9014
72	VKT당 사고비용	47.5181	34.5012	56.6336	70.7507	53.4157

## 3) 지표의 측정(조사)가능성 검토

- 각 교통망성능평가 지표를 산출하는 과정 중에 필요한 교통Data를 중심으로 확보·조사가능성을 조사하였음

- 특히 대상지역인 부천시의 교통Data 확보 여부에 따라 각 교통망성능평가 지표의 측정(조사)가능성을 검토하였음
- 자동차부문 각 교통망성능평가 지표별 산출을 위해 필요한 Data와 해당 Data의 확보 여부만을 검토함

<표 5-9> 자동차부문 교통망성능평가 지표의 측정가능성 검토 결과

교통망성능평가 지표		필요 Data	Data 확보 가능 여부	비고
1	총 도로연장	링크 연장	○	
2	차로수 고려 총 도로연장	링크 연장, 차로수	○	
3	버스전용차로 유무	버스전용차로 유무	×	버스전용차로 구분 정보 확보 어려움
4	버스전용차로 도로연장	버스전용차로 유무, 링크 연장	×	
5	승용차 도로 연장	링크 연장, 차로수, 버스전용차로 유무	×	
6	차로수 고려 승용차 도로 연장	링크 연장, 차로수, 버스전용차로 유무	×	
7	토지 면적 중 도로면적 비율	도시(대상 지역)토지 면적, 링크 연장, 차로수, 차로폭	△	도로면적 확보 어려움
8	토지 면적 중 승용차 도로면적 비율	토지 면적, 링크 연장, 차로수, 차로폭, 버스전용차로 유무	△	
9	설계속도	링크별 설계속도	△	제한속도를 설계속도로 가정
10	제한속도	링크별 제한속도	○	
11	신호등 개소수	신호등 설치 현황	×	
12	중앙분리대 설치 유무	중앙분리대 설치 유무	○	
13	중앙분리대 설치 도로연장	중앙분리대 설치 유무, 링크 연장	○	
14	도로 포장율	도로 포장 현황	×	
15	주차면수	도시(대상 지역)내 주차면 현황	○	
16	토지 면적 중 주차면수 비율	도시(대상 지역)토지 면적, 주차면 현황, 주차면 평균 면적	△	평균단위주차면적 활용
17	통행속도	링크 통행속도	○	
18	기종점간 평균통행속도	기종점간 통행속도	×	
19	통행시간	링크 통행속도, 링크 연장	○	
20	기종점간 평균통행시간	기종점간 통행속도, 기종점간 연장	×	
21	차량통행시간(VHT)	링크 교통량, 링크 통행시간	○	
22	차량 평균통행시간	링크 교통량, 링크 통행시간, 총통행량	○	
23	여객통행시간(PHT)	링크 교통량, 링크 통행시간, 평균 재차인원	○	
24	여객 평균통행시간	링크 교통량, 링크 통행시간, 총통행량, 평균 재차인원	○	
25	교통량	링크 교통량	○	
26	차종별 교통량	차종 구분된 링크교통량, 링크 교통량 중 차종구성비	○	
27	총통행량	기종점통행량자료	○	
28	차종별 통행량	차종별 기종점통행량 자료	○	

## &lt;표 계속&gt;

교통망성능평가 지표		필요 Data	Data 확보 가능 여부	비고
29	도로연장 km당 통행량	기종점통행량자료, 링크 연장	○	
30	인구 1인당 통행량	기종점통행량자료, 인구 현황	○	
31	차량주행거리(VKT)	링크 교통량, 링크 연장	○	
32	차량 평균주행거리	링크 교통량, 링크 연장, 총통행량	○	
33	여객주행거리(PKT)	링크 교통량, 링크 연장, 평균 재차인원	○	
34	여객 평균주행거리	링크 교통량, 링크 연장, 총통행량, 평균재차인원	○	
35	지체시간	링크 자유통행속도, 링크 통행속도, 링크 연장,	○	
36	Speed Reduction Factor	링크 자유통행속도, 링크 통행속도	○	
37	혼잡율	링크 자유통행속도, 링크 통행속도, 링크 연장,	○	
38	차량통행지체	링크 자유통행속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량	○	
39	여객통행지체	링크 자유통행속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량, 평균 재차인원	○	
40	Peak Period Travel Time	링크 자유통행속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량	○	
41	통행시간지표(TTI)	링크 자유통행속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량	○	
42	통근자스트레스지수(CSI)	링크 자유통행속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량	○	
43	Planning Time Index(PTI)	링크 자유통행속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량	○	
44	Buffer Time Index(BTI)	링크 자유통행속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량	○	
45	도로혼잡지표	링크 연장, 차로수, 링크 교통량	○	
46	주행속도편차	차량별 링크 통행속도, 도로 기하구조, 도로 접속현황	○	
47	서비스수준	도로등급 및 기능구분, 도로기하구조, 신호등 간격, 링크 통행속도, 링크 교통량	○	
48	V/C ratio	링크 교통량, 링크 차로수, 도로등급 및 기능구분, 제한속도	○	
49	차량당 사고건수	지점별 사고건수, 차량등록대수	○	
50	VKT당 사고건수	지점별 사고건수, 링크 교통량, 링크 연장	○	
51	PKT당 사고건수	지점별 사고건수, 링크 교통량, 링크 연장, 평균 재차인원	○	
52	차량당 사고사망자/부상자수	지점별 사고유형별 사고건수, 차량등록대수	○	
53	VKT당 사고사망자/부상자수	지점별 사고유형별 사고건수, 링크 교통량, 링크 연장	○	
54	PKT당 사고사망자/부상자수	지점별 사고유형별 사고건수, 링크 교통량, 링크 연장, 평균 재차인원	○	
55	대기오염물질 배출량	차량주행에 따른 대기오염물질별 배출량 원단위	○	
56	VKT당 대기오염물질 배출량	차량주행에 따른 대기오염물질별 배출량 원단위, 링크 교통량, 링크 연장	○	
57	교통소음 노출 인구비율	차량주행에 따른 소음 배출 원단위, 링크 교통량, 인구 현황	△	인구 이동 없다고 가정 개략적 접근

&lt;표 계속&gt;

교통망성능평가 지표		필요 Data	Data 확보 가능 여부	비고
58	차량폐기물 재활용 비율	차량폐기물 종류, 차량폐기물 종류별 재활용 현황	×	
59	교통혼잡비용	링크 자유통행속도, 링크별 혼잡기준속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량, 차량운행비용원단위, 시간가치	○	
60	차량당 교통혼잡비용	링크 자유통행속도, 링크별 혼잡기준속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량, 차량운행비용원단위, 시간가치, 차량등록대수	○	
61	VKT당 교통혼잡비용	링크 자유통행속도, 링크별 혼잡기준속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량, 차량운행비용원단위, 시간가치	○	
62	차량통행당 교통혼잡비용	링크 자유통행속도, 링크별 혼잡기준속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량, 차량운행비용원단위, 시간가치, 총통행량	○	
63	차량운행비용	링크 자유통행속도, 링크별 혼잡기준속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량, 차량운행비용원단위	○	
64	차량당 차량운행비용	링크 자유통행속도, 링크별 혼잡기준속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량, 차량운행비용원단위, 차량등록대수	○	
65	VKT당 차량운행비용	링크 자유통행속도, 링크별 혼잡기준속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량, 차량운행비용원단위	○	
66	차량통행당 차량운행비용	링크 자유통행속도, 링크별 혼잡기준속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량, 차량운행비용원단위, 총통행량	○	
67	에너지소비량	링크 자유통행속도, 링크별 혼잡기준속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량, 차량주행에 다른 에너지소비 원단위, 시간가치	○	
68	차량당 에너지소비량	링크 자유통행속도, 링크별 혼잡기준속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량, 차량주행에 다른 에너지소비 원단위, 시간가치, 차량등록대수	○	
69	VKT당 에너지소비량	링크 자유통행속도, 링크별 혼잡기준속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량, 차량주행에 다른 에너지소비 원단위, 시간가치	○	
70	차량통행당 에너지소비량	링크 자유통행속도, 링크별 혼잡기준속도, 링크 통행속도, 링크 연장, 링크 교통량, 차량주행에 다른 에너지소비 원단위, 시간가치, 총통행량	○	
71	사고비용	사고비용원단위, 사고건수, 사망자/부상자수	○	
72	VKT당 사고비용	사고비용원단위, 사고건수, 사망자/부상자수, 링크 교통량, 링크 연장	○	

– 지표별 산출을 위한 필요 검토 결과, 도로별 차로폭이 다양하여 도로면적을 정확히 알기는 어려우며, 평균차로폭을 적용하여 추정할 필요가 있음

- 면적에 대한 Data는 주차면도 마찬가지로 단위주차면적당 평균면적을 적용하여야 함
- 도로의 설계속도는 산출 시 제한속도가 설계속도와 같다고 가정할 필요가 있음
- 교통소음 노출 인구비율은 1일 중 인구의 이동은 없다고 가정하고, 개별 링크의 교통량에 따른 발생 소음을 해당 링크 주변의 등록인구가 노출된다고 가정할 필요가 있음
- 기종점간의 교통 Data(기종점간 평균통행속도, 기종점간 평균통행시간)는 개별 링크의 집합으로 구성된 기종점간의 Data를 필요로 하며, 동일 기종점간 다양한 경로(개별 링크의 집합)가 존재할 수 있음. 또한 현실에서 차량통행자는 기종점간 다양한 경로에 대한 정보를 모두 알고있지 않으므로 기종점간 교통 Data는 확보가 어려움<sup>5)</sup>
- 상기한 사항 외에는 대부분의 필요 Data는 확보 가능한 것으로 판단됨

#### 4) 지표 선정 기준

- 상기한 종합화된 전문가 평가결과와 Data 확보 여부에 따라 최종 교통망성능평가 지표를 선정하였으며, 이에 적용한 기준은 다음과 같음
  - 선정기준 1: 전문가 설문조사 결과 종합화된 평가점수 결과가 60점 이상
    - 교통망성능평가 지표로서 의미 있는 결과를 내포하여야 함과 동시에 중복되는 지표 산출을 지양하여 산출과정을 단순화 할 필요가 있음
    - 본 연구에서는 지표의 유의성과 산출과정의 단순화를 위한 기준을 전문가 설문조사 결과의 평가점수 60점을 기준으로 설정하였음
  - 선정기준 2: 필요 Data가 확보 가능하여야 함
    - 선정된 지표 산출을 위해 필요한 Data가 확보 가능하여 지표 산출이 가능하여야 함
- 위의 2가지 선정기준을 적용하여 최종 자동차부문 교통망성능평가 지표를 선정하였음. 그 결과 <표 5-10>의 지표들이 선정되었음

5) 영국(Imperial College London(2011), "Key Performance Indicators for traffic management and Intelligent Transport Systems)과 캐나다(Transportation Association of Canada(2006), Performance Measures for Road Networks) 등에서 이동성(Mobility) 지표로 기종점간 지표를 사용하고 있으나, 실제로 우리나라에 적용하기에는 어려운 실정임. 실제로, 캐나다의 경우 교통혼잡비용 추정시 교통계획모형을 바탕으로 모형상에서 추정된 교통혼잡비용을 산출하고 있음. 우리나라에서는 개별 링크로부터 관측되는 Data를 기반으로 개별 링크에서의 지표를 산출하는 것이 적절할 것으로 판단됨.



&lt;표 5-10&gt; 전문가 설문조사를 통해 선정된 자동차부문교통망성능평가 지표

분류	자동차교통망 성능평가지표 세부지표		
교통 인프라 공급	- 총 도로연장(등급 구분/기능 구분)(km) - 차로수 고려 총 도로연장(등급 구분/기능 구분)(km·lane) - 토지 면적 중 도로면적 비율(%) - 제한속도(km/h)		
교통 체계 이용	이동성	· 통행속도(km/h) · 통행시간(초) · VHT(대·h)	· 교통량(대/일) · 차종별 교통량(대/일) · 총통행량(대/일) · 도로연장당 차량 통행량(대/km/일)
	신뢰성	· 혼잡율 · 지체시간(초, 분) · 차량통행지체(대·시)	· 서비스수준 · V/C
	안전성	· 차량당 사고건수(건/1억대) · VKT(VMT)당 사고건수(건/1억대·km) · PKT(PMT)당 사고건수(건/1만인·km)	· 차량당 사망자/부상자수(인/1억대) · VKT(VMT)당 사망자/부상자수(인/1억대·km)
시스템 전반	- 교통혼잡비용		

- 전문가설문조사를 통한 지표 선정 결과 다음과 같은 특징이 나타남
  - 여객의 속성보다는 차량의 교통류 특성에 우선순위를 부여하고 있음. 이는 차종별 차량의 재차인원을 정확하게 반영하기 어려운 실질적 한계를 반영한 것으로 판단됨
  - TTI의 UMR과 같은 해외의 교통통계자료집에서는 교통부문에서의 교통류 특성으로 인한 현상을 화폐가치화 할 때 차량의 이동을 사람의 이동으로 전환하여 비용을 산출하고 있음. 현재 우리나라의 예타지침이나 투자평가지침 적용 시에도 차종별·지역별 평균 재차인원을 적용하도록 제시되어 있음
  - 또한 교통부문에서 기존 사용되어오던 지표들에 우선순위를 부여하고 있음. 통행속도·시간·교통량기반 지표인 통행시간지표(TTI), 통근자스트레스지수(CSI), Planning Time Index(PTI) 등과 같은 지표들은 우리나라에서 기사용되어 오던 V/C나 서비스수준 등의 지표에 비하여 중요도가 낮게 평가되었음
  - 이는 현재 우리나라 교통Data에서 통행속도Data의 수집은 잘 이루어지고 있는 반면, 교통량Data가 수집되고 있지 않는 현실을 반영한 것으로 판단됨. 이는 차량주행거리(VKT)의 평가결과에서도 볼 수 있음



### 제3절 자동차부문 교통망성능평가

#### 1. 개요

- 전문가 설문조사결과와 지표 산출 필요 Data 확보 여부 검토를 통해 선정한 지표에는 통행 속도를 기반한 지표 중심으로 선정되었음
- 이는 우리나라 도시부 교통Data 수집체계가 통행속도Data 수집 중심으로 이루어져, 교통량 Data 수집이 어려운 점이 반영된 결과로 볼 수 있음
- 본 연구에서 선정된 지표는 교통량Data 수집이 어려운 도시에서 자동차부문 교통망성능평가 지표 산출시 지표의 우선순위를 선정하는데 활용될 수 있을 것으로 판단됨
  - 본 연구에서 선정된 자동차부문 교통망성능평가 지표는 적합성(합목적성), 산출가능성, 갱신 가능성, 비교가능성을 고려한 것으로, 국내 현실에서 Data 확보가 어려울 경우 우선순위가 낮게 평가되어 선정이 되지 않을 수 있음
- 본 연구에서는 부천시를 대상으로 자동차부문 교통망성능평가를 수행함에 있어 확보 가능한 Data를 최대한 활용하여 다양한 지표를 산출하고자 함
  - 앞 절에서 선정된 자동차부문 교통망성능평가지표는 본 연구에서 정립한 분류 체계에 따른 각 부문별 세부지표임
  - 이들 (세부)지표는 산출의 공간적·시간적·내용적 범위에 따라 매우 다양하게 산출할 수 있음
  - 예를 들어, 통행속도는 공간적 범위 측면에서 개별 링크단위로 산출이 가능한데 이들 개별 링크단위로 산출한 지표를 교통축이나 도시의 대푯값으로 집계할 수도 있으며, 시간적 범위 측면에서는 1시간단위·1일 중 첨두/비첨두시간대 평균·1일 평균으로, 내용적 범위 측면에서는 산술적 평균, 교통량 가중 평균 등 개별 (세부)지표의 구체적인 산출 범위는 매우 다양함
  - 지표의 선정과정에서 상기한 바와 같은 실제 지표 산출시 고려해야 될 공간적·시간적·내용적 범위를 모두 고려하게 될 경우, 선정을 위하여 평가해야 될 개별 지표의 양(수)이 너무 방대해져 비효율적임
  - 따라서 교통망성능평가지표의 구체적인 산출 범위는 적용 지역(도시)의 Data 구축 여건을 고려하여야 함
  - 본 연구에서는 부천시를 대상으로 교통망성능평가 지표를 산출하는바, 확보 가능한 Data에

따라 개별 세부 지표의 공간적·시간적·내용적 범위를 설정하기로 하며 특히, 선정된 자동차 부문 교통망성능평가지표 외에도 교통량을 반영한 지표를 산출하고자 함

- 산출한 지표를 바탕으로 대상 도시의 교통망을 진단하고 개선방안을 도출하여 교통Data가 확보됨에 따른 도시 교통망 개선 방안의 수준을 제시하고자 함
- 기존 도시 교통망 개선 방안 수립을 위해 검토되는 현황 진단 방안과 성능평가지표를 활용한 현황 진단 방안을 검토하여 성능평가지표 산출의 유의성을 재조명하고자 함

## 2. 부천시 교통 Data 현황

### 가. 부천시 교통정보센터 ITS검지기 Data

#### 1) Data 구조

- 부천시 교통정보센터에서 설치한 루프검지기, 영상검지기, RSE(노변기지국) 및 DSRC를 통해 수집되는 Data로서 수집되는 Data의 형태는 <표 5-11>과 같음

<표 5-11> 부천시교통정보센터 ITS검지기 Data

Data Field	Field Record Characteristics	
	Format	특징
LINK_ID	10 digit(integer)	단위 링크별 구분 가능한 ID
LINKNAME	지역명→지역명	해당링크의 지역명(방향성 표시)
DISPLAYDAY	yyyy-mm-dd	검지기로부터 Data가 수집되는 일자
DISPLAYTIME	hh:mm	검지기로부터 Data가 수집되는 시각(24H Base). 5분 간격으로 수집
STATISTICSDAY	yyyymmdd(integer)	integer형 검지기로부터 Data가 수집되는 일자
STATISTICSTIME	hhmm(integer)	integer형 검지기로부터 Data가 수집되는 시각(24H Base). 5분 간격으로 수집
DAYTYPENAME	요일구분	일·월·화·수·목·금·토요일
DAYTYPE	요일구분(integer)	일요일:1 월요일:2 화요일:3 수요일:4 목요일:5 금요일:6 토요일:7
AVGVELOCITY	소수점 둘째짜리까지 표현된 real number(km/h)	5분 간격으로 집계된 5분간의 평균차량속도
AVGTRAVELTIME	integer (sec)	단위 링크 연장/[AVGVELOCITY]
VOLUME	integer (veh)	5분 간격으로 집계된 5분 교통량
OCCUPANCY	소수점 둘째짜리까지 표현된 real number(sec)	차량의 검지기 점유 시간
QUEUELENGTH	integer	
DATAcnt	0~4.integer	
SERVICELEVEL	A~FFF	링크의 서비스수준
DISTRICTNAME	위치한 행정구	행정구
ROAD_RANK	integer	도로등급
ROUTENAME	도로명	도로명
DIRECTIONNAME	동향/서향/남향/북향	링크의 방향

## 2) Data의 한계

- 부천시교통정보센터 ITS검지기 Data는 부천시 내 19개 간선도로 421개 지점에서 5분 간격의 Data가 수집됨
- 부천시교통정보센터의 ITS검지기 Data에는 통행속도, 통행시간 Data만 5분 간격으로 수집되며, 교통량(Traffic Volume) Data는 23개 구간에서만 수집되고 있음
  - <그림 5-5>는 부천시교통정보센터 ITS검지기를 통해 Data가 수집되는 구간을 표출한 것이며, 이 중 23개의 링크에서만 교통량이 수집됨<sup>6)</sup>
- ITS검지기를 통해 상시조사되는 교통량Data가 부족하여 일부 링크의 시간대별(Hourly)·하루(Daily) 교통량 산정에 어려움이 있으며, 소사로 일부 구간에서만 점유율(Occupancy) Data가 수집되어, 통행속도와 통행시간만으로는 교통량 추정이 어려움



<그림 5-5> 부천시교통정보센터 ITS검지기 설치 위치

6) 부천시는 지능형 교통시스템 구축사업의 일환으로 신흥로(약대오거리~삼곡고가사거리)와 소사로(오정농협사거리~소사고교앞삼거리)에만 차량검지기를 설치하였음.

&lt;표 5-12&gt; 부천시교통정보센터 ITS검지기 Data 수집구간

도로명	Data 수집 구간 수	Data 수집구간
경인로	30	성심고가사거리 → 소사구청삼거리, 소사구청삼거리 → 성심고가사거리 성심고가사거리 → 역곡남부역사거리, 역곡남부역사거리 → 성심고가사거리 소사구청삼거리 → 소사삼거리, 소사삼거리 → 소사구청삼거리 소사삼거리 → 소명지하차도교차로, 소명지하차도 → 소사삼거리 소명지하차도교차로 → 하우고개입구, 하우고개입구 → 소명지하차도 부천남부역사거리 → 하우고개입구, 하우고개입구 → 부천남부역사거리 심곡고가사거리 → 부천남부역사거리, 부천남부역사거리 → 심곡고가사거리 사단사거리 → 송내사거리, 송내사거리 → 사단사거리 남부경찰서앞 → 심곡고가사거리, 심곡고가사거리 → 남부경찰서앞 송내사거리 → 대우푸르지오1차앞, 대우푸르지오1차앞 → 송내사거리 삼정공단 → 남부경찰서앞, 남부경찰서앞 → 삼정공단 대우푸르지오1차앞 → 삼정공단, 삼정공단 → 대우푸르지오1차앞 동부시장입구 → 역곡남부역사거리, 역곡남부역사거리 → 동부시장입구 역곡고가사거리 → 동부시장입구, 동부시장입구 → 역곡고가사거리 유한대학앞 → 역곡고가사거리, 역곡고가사거리 → 유한대학앞
길주로	30	영상단지사거리 → 중동IC, 중동IC → 영상단지사거리 안남사거리 → 춘의사거리, 춘의사거리 → 안남사거리 춘의사거리 → 당아래사거리, 당아래사거리 → 춘의사거리 중동대로사거리 → 석천사거리, 석천사거리 → 중동대로사거리 중동대로사거리 → 무지개고가사거리 꿈마을사거리 → 계남고가사거리, 계남고가사거리 → 꿈마을사거리 꿈마을사거리 → 안남사거리, 안남사거리 → 꿈마을사거리 계남고가사거리 → 문예사거리, 문예사거리 → 계남고가사거리 가리쇠사거리 → 문예사거리, 문예사거리 → 가리쇠사거리 동부아파트 → 가리쇠사거리, 가리쇠사거리 → 동부아파트 석천사거리 → 동부아파트, 동부아파트 → 석천사거리 당아래사거리 → 종합운동장사거리, 종합운동장사거리 → 당아래사거리 종합운동장사거리 → 까치울사거리, 까치울사거리 → 종합운동장사거리 까치울사거리 → 생태박물관삼거리, 생태박물관삼거리 → 까치울사거리 무지개고가사거리 → 중동대로사거리 무지개고가사거리 → 중동IC, 중동IC → 무지개고가사거리
범안로	12	계수사거리 → 옥길동시계, 옥길동시계 → 계수사거리 법막치안센터앞 → 계수사거리, 계수사거리 → 법막치안센터앞 범박사거리 → 법막치안센터앞, 법막치안센터앞 → 범박사거리 동남사거리 → 범박사거리, 범박사거리 → 동남사거리 괴안사거리 → 동남사거리, 동남사거리 → 괴안사거리 괴안삼거리 → 괴안사거리, 괴안사거리 → 괴안삼거리
봉오대로	9	서운사거리 → 중동대로입구 중동대로입구 → 오정IC, 오정IC → 중동대로입구 오정대로사거리 → 오정IC, 오정IC → 오정대로사거리 오정대로사거리 → 원종IC, 원종IC → 오정대로사거리 원종IC → 오정대로삼거리, 오정대로삼거리 → 원종IC
부천로	20	북부역사거리 → 북개천사거리, 북개천사거리 → 북부역사거리 북교사거리 → 북개천사거리, 북개천사거리 → 북교사거리 원미구청삼거리 → 북교사거리, 북교사거리 → 원미구청삼거리 조마루사거리 → 원미구청삼거리, 원미구청삼거리 → 조마루사거리 서광공업사 → 조마루사거리, 조마루사거리 → 서광공업사 춘의사거리 → 서광공업사, 서광공업사 → 춘의사거리 도당공구상가삼거리 → 춘의사거리, 춘의사거리 → 도당공구상가삼거리 도당사거리 → 도당공구상가삼거리, 도당공구상가삼거리 → 도당사거리 내촌사거리 → 도당사거리, 도당사거리 → 내촌사거리 내촌사거리 → 내촌고가삼거리, 내촌고가삼거리 → 내촌사거리

&lt;표 계속&gt;

도로명	Data 수집 구간 수	Data 수집구간
부일로	40	석천로입구 → 중동사거리, 중동사거리 → 석천로입구 석천로입구 → 솔안공원입구, 솔안공원입구 → 석천로입구 솔안공원입구 → 송내북부역사거리, 송내북부역사거리 → 솔안공원입구 부개동업지유치원 → 부일삼거리, 부일삼거리 → 부개동업지유치원 북부역사거리 → 소명사거리, 소명사거리 → 북부역사거리 산우물사거리 → 전화국사거리, 전화국사거리 → 산우물사거리 중동사거리 → 시민회관삼거리, 시민회관삼거리 → 중동사거리 송내북부역사거리 → 극동아파트앞, 극동아파트앞 → 송내북부역사거리 성심고가길 → 역곡치안센터입구, 역곡치안센터입구 → 성심고가길 작발골4로앞 → 성심고가길, 성심고가길 → 작발골4로앞 멀피사거리 → 작발골4로앞, 작발골4로앞 → 멀피사거리 소명삼거리 → 멀피사거리, 멀피사거리 → 소명삼거리 소명사거리 → 소명삼거리, 소명삼거리 → 소명사거리 역곡치안센터입구 → 역곡북부역사거리, 역곡북부역사거리 → 역곡치안센터입구 역곡북부역사거리 → 청암아파트앞, 청암아파트앞 → 역곡북부역사거리 청암아파트앞 → 동곡초교사거리, 동곡초교사거리 → 청암아파트앞 시민회관삼거리 → 산우물사거리, 산우물사거리 → 시민회관삼거리 극동아파트앞 → 서촌사거리, 서촌사거리 → 극동아파트앞 부일삼거리 → 서촌사거리, 서촌사거리 → 부일삼거리 북부역사거리 → 전화국사거리, 전화국사거리 → 북부역사거리
부흥로	30	부내초교사거리 → 흥천삼거리, 흥천삼거리 → 부내초교사거리 북개천사거리 → 소명여고사거리, 소명여고사거리 → 북개천사거리 연화마을입구 → 북개천사거리, 북개천사거리 → 연화마을입구 넘말사거리 → 영안아파트, 영안아파트 → 넘말사거리 상원초교삼거리 → 넘말사거리, 넘말사거리 → 상원초교삼거리 소명여고사거리 → 소명삼거리, 소명삼거리 → 소명여고사거리 소방서사거리 → 연화마을입구, 연화마을입구 → 소방서사거리 소방서사거리 → 복지삼거리, 복지삼거리 → 소방서사거리 복지삼거리 → 계남고삼거리, 계남고삼거리 → 복지삼거리 복사골아파트 → 계남고삼거리, 계남고삼거리 → 복사골아파트 복사골아파트 → 영안아파트, 영안아파트 → 복사골아파트 우체국삼거리 → 상원초교삼거리, 상원초교삼거리 → 우체국삼거리 부천정보고사거리 → 우체국삼거리, 우체국삼거리 → 부천정보고사거리 흥천삼거리 → 흥천사거리, 흥천사거리 → 흥천삼거리 흥천사거리 → 부천정보고사거리, 부천정보고사거리 → 흥천사거리
삼작로	18	도당소공원사거리 → 우성맨션타운, 우성맨션타운 → 도당소공원사거리 상오정삼거리 → 내촌사거리, 내촌사거리 → 상오정삼거리 내동사거리 → 상오정삼거리, 상오정삼거리 → 내동사거리 내촌사거리 → 도당소공원사거리, 도당소공원사거리 → 내촌사거리 삼정사거리 → 내동사거리, 내동사거리 → 삼정사거리 한국지역난방삼거리 → 열병합발전소삼거리, 열병합발전소삼거리 → 한국지역난방삼거리 열병합발전소삼거리 → 소각장사거리, 소각장사거리 → 열병합발전소삼거리 삼정공원 → 삼정사거리, 삼정사거리 → 삼정공원 소각장사거리 → 삼정공원, 삼정공원 → 소각장사거리
상동로	14	우체국삼거리 → 상일사거리, 상일사거리 → 우체국삼거리 상일사거리 → 중앙사거리, 중앙사거리 → 상일사거리 중앙사거리 → 무지개고가사거리, 무지개고가사거리 → 중앙사거리 무지개고가사거리 → 영광사거리, 영광사거리 → 무지개고가사거리 영광사거리 → 석촌초교사거리, 석촌초교사거리 → 영광사거리 석촌초교사거리 → 굴포로사거리, 굴포로사거리 → 석촌초교사거리 굴포로사거리 → 호수로삼거리, 호수로삼거리 → 굴포로사거리

## &lt;표 계속&gt;

도로명	Data 수집 구간 수	Data 수집구간
석천로	28	석천로입구 → 송내초교, 송내초교 → 석천로입구 송내초교 → 상도중사거리, 상도중사거리 → 송내초교 상도중사거리 → 영안아파트, 영안아파트 → 상도중사거리 영안아파트 → 부명사거리, 부명사거리 → 영안아파트 부명사거리 → 포도마을사거리, 포도마을사거리 → 부명사거리 포도마을사거리 → 석천사거리, 석천사거리 → 포도마을사거리 석천사거리 → 금강마을419동앞, 금강마을419동앞 → 석천사거리 금강마을419동앞 → 중원초교사거리, 중원초교사거리 → 금강마을419동앞 중원초교사거리 → 실내체육관삼거리, 실내체육관삼거리 → 중원초교사거리 부천초교사거리 → 실내체육관삼거리, 실내체육관삼거리 → 부천초교사거리 부천초교사거리 → 테크노삼거리, 테크노삼거리 → 부천초교사거리 테크노삼거리 → 소각장사거리, 소각장사거리 → 테크노삼거리 한국화장품삼거리 → 천우주유소, 천우주유소 → 한국화장품삼거리 소각장사거리 → 천우주유소, 천우주유소 → 소각장사거리
성주로	12	부천남부역사거리 → 태경삼익 B동, 태경삼익 B동 → 부천남부역사거리 송내사거리 → 동신고층아파트 3동, 동신고층아파트 3동 → 송내사거리 한밭자동차앞 → 태경삼익 B동, 태경삼익 B동 → 한밭자동차앞 한밭자동차앞 → 도원초등학교2, 도원초등학교2 → 한밭자동차앞 부천고등학교 → 도원초등학교2, 도원초등학교2 → 부천고등학교 동신고층아파트 3동 → 부천고등학교, 부천고등학교 → 동신고층아파트 3동
소사로	38	멀피사거리 → 삼림육장삼거리, 산림육장삼거리 → 멀피사거리 산림육장삼거리 → 레포즈공원앞, 레포즈공원앞 → 산림육장삼거리 레포즈공원앞 → 종합운동장사거리, 종합운동장사거리 → 레포즈공원앞 종합운동장사거리 → 여월정수장삼거리, 여월정수장삼거리 → 종합운동장사거리 멀피사거리 → 소사사거리, 소사사거리 → 멀피사거리 복사초교앞 → 소사고교앞삼거리, 소사고교앞삼거리 → 복사초교앞 풍년3길앞 → 복사초교앞, 복사초교앞 → 풍년3길앞 소중3길사거리 → 풍년3길앞, 풍년3길앞 → 소중3길사거리 소사초교앞사거리 → 소중3길사거리, 소중3길사거리 → 소사초교앞사거리 소사회주로사거리 → 소사초교앞사거리, 소사초교앞사거리 → 소사회주로사거리 소사사거리 → 소사회주로사거리, 소사회주로사거리 → 소사사거리 오쇠삼거리 → 원종IC, 원종IC → 오쇠삼거리 여월정수장삼거리 → 성곡삼거리, 성곡삼거리 → 여월정수장삼거리 성곡삼거리 → 성곡사거리, 성곡사거리 → 성곡삼거리 원종교사거리 → 성곡사거리, 성곡사거리 → 원종교사거리 원종사거리 → 원종교사거리, 원종교사거리 → 원종사거리 오정농협사거리 → 원종사거리, 원종사거리 → 오정농협사거리 오정농협사거리 → 옥일아파트앞, 옥일아파트앞 → 오정농협사거리 옥일아파트앞 → 원종IC, 원종IC → 옥일아파트앞
송내대로	32	법원사거리 → 송내북부역사거리, 송내북부역사거리 → 법원사거리 복사골문화센터사거리 → 법원사거리, 법원사거리 → 복사골문화센터사거리 넘말사거리 → 복사골문화센터사거리, 복사골문화센터사거리 → 넘말사거리 화목사거리 → 넘말사거리, 넘말사거리 → 화목사거리 중동전화국사거리 → 화목사거리, 화목사거리 → 중동전화국사거리 중동대로사거리 → 중동전화국사거리, 중동전화국사거리 → 중동대로사거리 길주사거리 → 중동대로사거리, 중동대로사거리 → 길주사거리 중원고사거리 → 길주사거리, 길주사거리 → 중원고사거리 부천체육관사거리 → 중원고사거리, 중원고사거리 → 부천체육관사거리 아파트형공장삼거리 → 부천체육관사거리, 부천체육관사거리 → 아파트형공장삼거리 아파트형공장삼거리 → 한국지역난방삼거리, 한국지역난방삼거리 → 아파트형공장삼거리 한국지역난방삼거리 → 삼정고가교사거리, 삼정고가교사거리 → 한국지역난방삼거리 삼정고가교사거리 → 중동대로입구, 중동대로입구 → 삼정고가교사거리 공영주차장삼거리 → 중동대로입구, 중동대로입구 → 공영주차장삼거리 박촌교삼거리 → 공영주차장삼거리, 공영주차장삼거리 → 박촌교삼거리 하수종말처리장삼거리 → 박촌교삼거리, 박촌교삼거리 → 하수종말처리장삼거리

&lt;표 계속&gt;

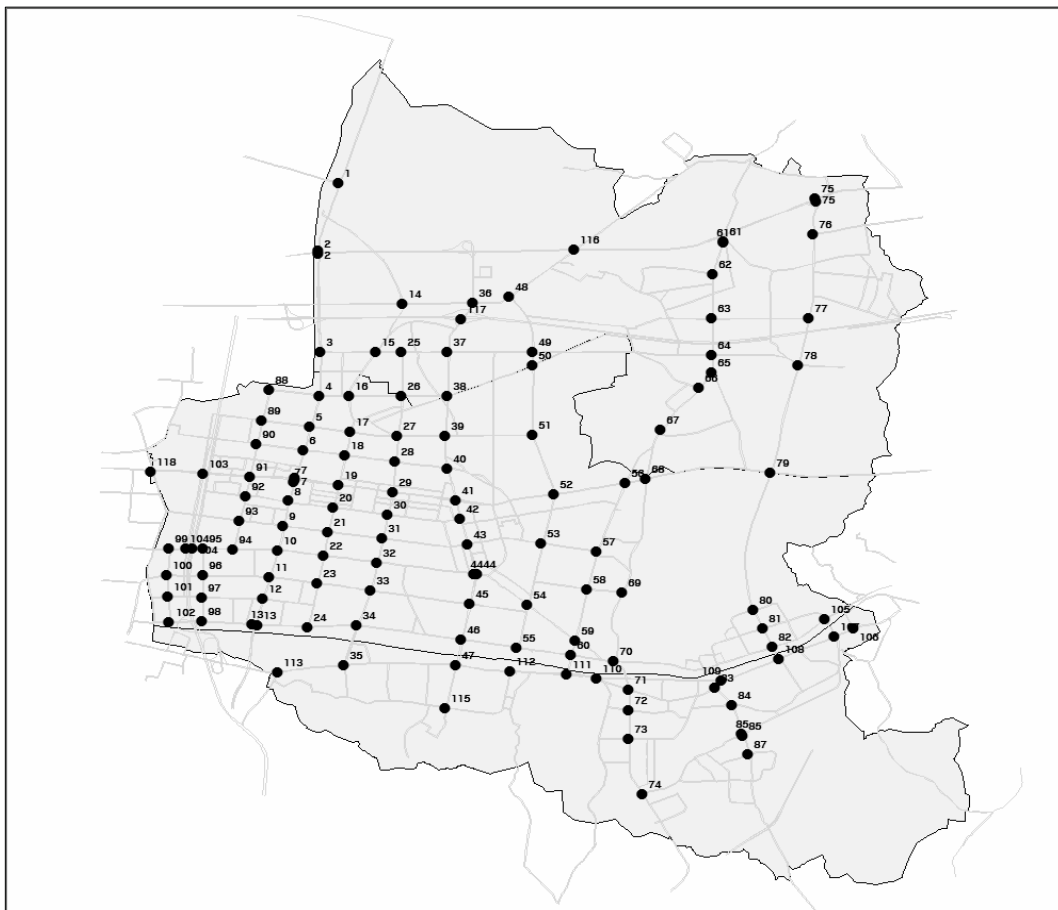
도로명	Data 수집 구간 수	Data 수집구간
수도로	16	약대공원2 → 수돗길사거리, 수돗길사거리 → 약대공원2 수돗길사거리 → 약대오거리, 약대오거리 → 수돗길사거리 약대오거리 → (구)오정구청, (구)오정구청 → 약대오거리 (구)오정구청 → 도당사거리, 도당사거리 → (구)오정구청 도당사거리 → 도당소공원사거리, 도당소공원사거리 → 도당사거리 도당소공원사거리 → 도당교사거리, 도당교사거리 → 도당소공원사거리 도당교사거리 → 베리내사거리, 베리내사거리 → 도당교사거리 베리내사거리 → 원종교사거리, 원종교사거리 → 베리내사거리
신흥로	30	전화국가사거리 → 심곡고가사거리, 심곡고가사거리 → 전화국가사거리 전화국가사거리 → 부천대학사거리, 부천대학사거리 → 전화국가사거리 부천대학사거리 → 소방서사거리, 소방서사거리 → 부천대학사거리 소방서사거리 → 신흥고가사거리, 신흥고가사거리 → 소방서사거리 신흥고가사거리 → 먹거리삼거리, 먹거리삼거리 → 신흥고가사거리 계남고가사거리 → 먹거리삼거리, 먹거리삼거리 → 계남고가사거리 계남고가사거리 → 교육청사거리, 교육청사거리 → 계남고가사거리 도서관사거리 → 교육청사거리, 교육청사거리 → 도서관사거리 약대교회사거리 → 도서관사거리, 도서관사거리 → 약대교회사거리 약대교회사거리 → 약대오거리, 약대오거리 → 약대교회사거리 한국화장품삼거리 → 내동사거리, 내동사거리 → 한국화장품삼거리 한국화장품삼거리 → 부천IC, 부천IC → 한국화장품삼거리 산업길사거리 → 부천IC, 부천IC → 산업길사거리 약대오거리 → 내동사거리, 내동사거리 → 약대오거리 오정IC진입로 → 산업길사거리, 산업길사거리 → 오정IC진입로
역곡로	20	농협사거리 → 역곡북부역사거리, 역곡북부역사거리 → 농협사거리 역곡초교사거리 → 농협사거리, 농협사거리 → 역곡초교사거리 역곡초교사거리 → 밤골먹거리촌입구, 밤골먹거리촌입구 → 역곡초교사거리 까치울사거리 → 밤골먹거리촌입구, 밤골먹거리촌입구 → 까치울사거리 까치울사거리 → 신작동사거리, 신작동사거리 → 까치울사거리 신작동사거리 → 간대미사거리, 간대미사거리 → 신작동사거리 간대미사거리 → 고강사거리, 고강사거리 → 간대미사거리 고강사거리 → 고리울사거리, 고리울사거리 → 고강사거리 수주삼거리 → 고리울사거리, 고리울사거리 → 수주삼거리 수주삼거리 → 오정대로삼거리, 오정대로삼거리 → 수주삼거리
오정로	12	산업길사거리 → 삼정교삼거리, 삼정교삼거리 → 산업길사거리 삼정교삼거리 → 삼정고가교사거리, 삼정고가교사거리 → 삼정교삼거리 내촌고가삼거리 → 산업길사거리, 산업길사거리 → 내촌고가삼거리 덕산중학교입구 → 내촌고가삼거리, 내촌고가삼거리 → 덕산중학교입구 오정대로사거리 → 덕산중학교입구, 덕산중학교입구 → 오정대로사거리 서울강서-경기부천 경계 → 오정대로사거리, 오정대로사거리 → 서울강서-경기부천 경계
중동로	22	중동사거리 → 송내사거리, 송내사거리 → 중동사거리 중동사거리 → 정말문예사거리, 정말문예사거리 → 중동사거리 정말문예사거리 → 복사골아파트, 복사골아파트 → 정말문예사거리 복사골아파트 → 중앙공원사거리, 중앙공원사거리 → 복사골아파트 중앙공원사거리 → 터미널사거리, 터미널사거리 → 중앙공원사거리 터미널사거리 → 문예사거리, 문예사거리 → 터미널사거리 문예사거리 → 증흥고사거리, 증흥고사거리 → 문예사거리 증흥고사거리 → 설악마을후문, 설악마을후문 → 증흥고사거리 설악마을후문 → 수돗길사거리, 수돗길사거리 → 설악마을후문 수돗길사거리 → 신흥시장사거리, 신흥시장사거리 → 수돗길사거리 신흥시장사거리 → 삼정공원, 삼정공원 → 신흥시장사거리
평천로	8	부천체육관사거리 → 부천초교사거리, 부천초교사거리 → 부천체육관사거리 호수로삼거리 → 부천체육관사거리, 부천체육관사거리 → 호수로삼거리 신흥시장사거리 → 약대오거리, 약대오거리 → 신흥시장사거리 부천초교사거리 → 신흥시장사거리, 신흥시장사거리 → 부천초교사거리
총 수집구간	421	



## 나. 부천시 교통량 조사 Data

### 1) Data 구조

- 부천시에서는 『부천시 도시교통정비 기본계획』 수립과 동시에 「부천시 교통신호 최적화 및 연동화용역(2012. 7)」 을 진행하였음
- 「부천시 교통신호 최적화 및 연동화용역(2012. 7)」 에서는 부천시내 118개 교차로(주요 교차로 110개소, 시외 유출입지점 8개소) 대상으로 교통량조사를 실시하였음
  - 조사일시 : 2011년 6월~9월
  - 조사시간 : 6시간(07:00~09:00, 12:00~14:00, 18:00~20:00)
- 본 연구에서는 상기 부천시 교통량조사 Data를 활용하여 자동차부문 성능평가지표를 산출하고자 함



<그림 5-6> 부천시 내 교통량조사 지점(118개)



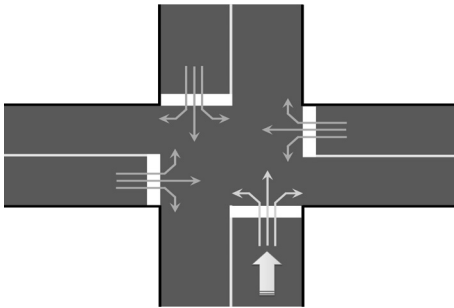
&lt;표 5-13&gt; 부천시 내 교통량조사 지점(118개)

구분	교차로명	구분	교차로명	구분	교차로명
1	박촌교삼거리	41	계남고가사거리	81	농협사거리
2	중동대로입구 사거리	42	먹거리삼거리	82	역곡북부역사거리
3	지역난방공사 삼거리	43	신흥고가사거리	83	괴안삼거리
4	부천체육관 사거리	44	소방서사거리	84	괴안사거리
5	중원교사거리	45	부천대학사거리	85	동남사거리
6	길주사거리	46	전화국사거리	86	범박동입구사거리
7	중동대로사거리	47	심곡고가사거리	87	범박사거리
8	중동전화국 사거리	48	내촌고가입구삼거리	88	호수로삼거리
9	화목사거리	49	내촌사거리	89	굴포로사거리
10	넙말사거리	50	도당사거리	90	석천초교사거리
11	복사골문화센터 사거리	51	공구상가삼거리	91	무지개고가사거리
12	법원사거리	52	춘의사거리	92	중앙사거리
13	송내역앞교차로	53	조마루사거리	93	상일사거리
14	삼정교사거리	54	북개천사거리	94	우체국삼거리
15	소각장사거리	55	부천 북부역사거리	95	부천정보교사거리
16	부천초교사거리	56	당아래사거리	96	한아름사거리
17	중원초교사거리	57	조마루삼거리	97	부인중사거리
18	한라주공사거리	58	원미사거리	98	서촌사거리
19	석천사거리	59	소명여고앞사거리	99	흥천삼거리
20	포도마을사거리	60	소명사거리	100	전원사거리
21	부명사거리	61	원종IC	101	구지사거리
22	영안아파트사거리	62	천지연래드삼거리	102	부일삼거리
23	상도중사거리	63	원종사거리	103	중동IC
24	석촌로입구교차로	64	성곡사거리	104	흥천사거리
25	삼정주유소사거리	65	덕수궁앞삼거리	105	동곡초교사거리
26	신흥시장사거리	66	성곡삼거리	106	동신아파트앞삼거리
27	덕유3단지사거리	67	여월주공삼거리	107	역곡역고가 사거리
28	중흥교사거리	68	종합운동장사거리	108	역곡남부역사거리
29	문예사거리	69	산림욕장삼거리	109	성심고가사거리
30	터미널사거리	70	멸피사거리	110	소사삼거리
31	중앙공원사거리	71	소사사거리	111	소명지하차도삼거리
32	복사골아파트사거리	72	사회주로사거리	112	부천남부역앞삼거리
33	장말문예사거리	73	소사초교앞사거리	113	사단사거리
34	중동사거리	74	동남삼거리	114	동신아파트앞삼거리
35	송내사거리	75	봉오대로 삼거리	115	깊은구지사거리
36	산업길사거리	76	주삼거리	116	봉오대로 사거리
37	내동사거리	77	간데미사거리	117	부천IC
38	약대오거리	78	신작동사거리	118	삼산체육관사거리
39	약대교회사거리	79	까치울사거리		
40	교육청사거리	80	역곡초교사거리		

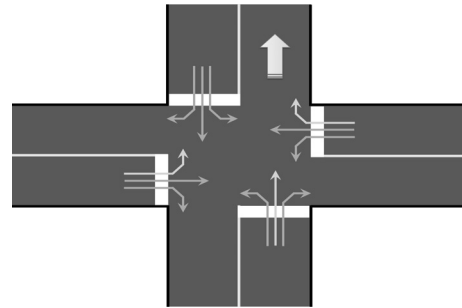
## 2) Data의 한계

- 상기 교통량조사 Data는 교차로를 중심으로 접근로의 방향별 교통량(직진/좌회전/우회전)을 조사한 것이므로, 교차로 통과 이전 (상류부)접근로 링크 교통량과 교차로 통과 이후 (하류부)접근로 링크 교통량을 추정할 수 있음

<교차로 상류부 접근로의 링크 교통량 추정>

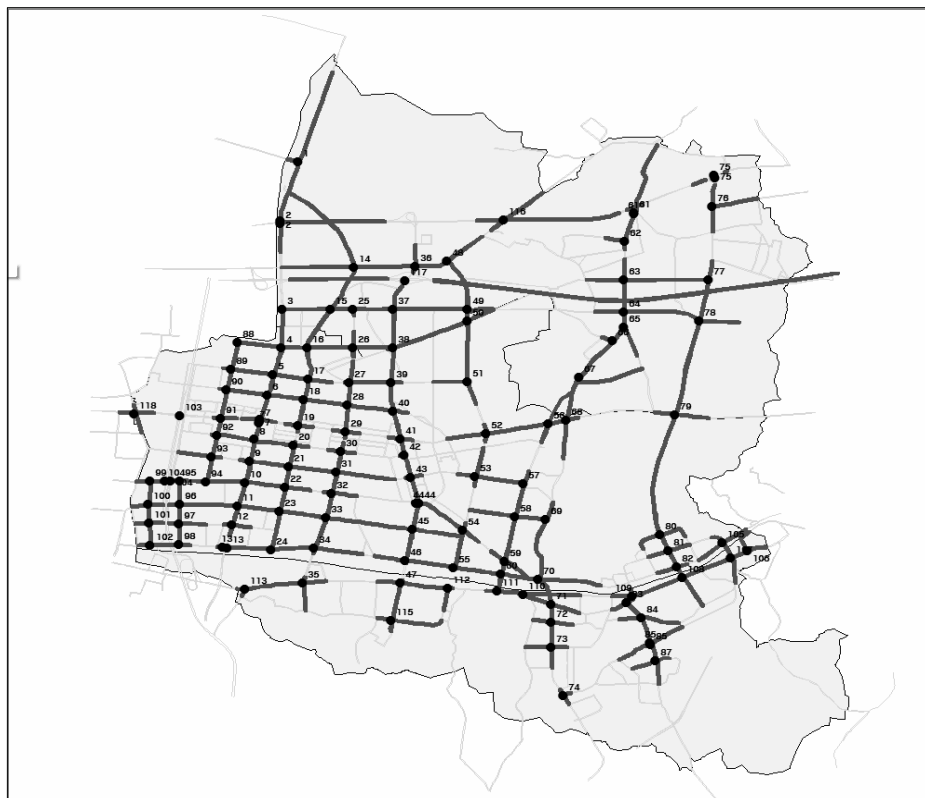


<교차로 하류부 접근로의 링크 교통량 추정>



<그림 5-7> 교차로 교통량조사 Data를 활용한 교차로 접근로 링크 교통량 추정 예시

- 교차로 교통량조사 Data를 활용하여 교통량을 추정할 수 있는 링크는 다음 그림과 같음



<그림 5-8> 교통량조사 Data를 활용하여 교통량 추정이 가능한 링크

## 다. 부천시 GIS Map

### 1) Data 개요

- GIS Map Data는 국토교통부에서 제공하는 ITS표준노드링크와 KTDB에서 제공하는 교통주제도가 있음
- 성능평가에서는 상기 GIS Map Data 중 링크속성 Data를 활용할 수 있으며, 부천시 GIS Map의 링크속성 Data에서는 주로 도로공급지표들과 관련된 Data들을 확보할 수 있음

<표 5-14> KTDB의 교통주제도(Lv.2) 링크속성 Data 구조

속성ID	속성명	속성유형	비고
SHAPE_ID	그래픽 고유 ID	NUMBER(38)	
IINK-ID	링크 ID	CHAR(13)	
UP_FROM_NODE	상행시작노드	CHAR(13)	
UP_TO_NODE	상행종료노드	CHAR(13)	
DOWN_FROM_NODE	하행시작노드	CHAR(13)	
DWON_TO_NODE	하행종료노드	CHAR(13)	
UP_LANES	상행차로수	NUMBER(2)	
DOWN_LANES	하행차로수	NUMBER(2)	
LANES	전체차로수	NUMBER(2)	
REVERSIBLELANE	가변차로수	NUMBER(2)	
UP_MAXSPEED	상행최고속도	NUMBER(2)	
DOW_MAXSPEED	하행최고속도	NUMBER(2)	
ROAD_NAME	도로명칭	VARCHAR2(30)	
ROADNAMEALIAS	도로명칭_새주소	VARCHAR2(30)	
ONEWAY	일방통행유무	CHAR(1)	무: 0 / 유: 1
ROAD_NO	도로번호	VARCHAR2(5)	
ROAD_RANK	도로등급	CHAR(3)	101: 고속국도 102: 도시고속화도로 103: 일반국도 104: 특별/광역시도 105: 국가지원지방도 106: 지방도 107: 시군도 108: 고속국도 연결램프
ROAD_ADMIN	도로관리기관	VARCHAR2(30)	
AUTOEXCLUSIVE	자동차전용도로유무	CHAR(1)	무: 0 / 유: 1
UP_CLIMBINGLANE	상행오르막차선유무	CHAR(1)	
DOWN_CLIMBINGLANE	하행오르막차선유무	CHAR(1)	
UP_SHOULDERLANE	삼행갓길유무	CHAR(1)	

## &lt;표 계속&gt;

속성ID	속성명	속성유형	비고
DOWN_SHOULDERLANE	하행갓길유무	CHAR(1)	
UP_BUSLANE	상행버스전용차로유무	CHAR(1)	무: 0 버스가변차로: 1 버스중앙차로: 2
DOWN_BUSLANE	하행버스전용차로유무	CHAR(1)	무: 0 버스가변차로: 1 버스중앙차로: 2
PAVEMENT	도로포장유무	CHAR(1)	
SEPARATEDMEDIAN	중앙분리대유무	CHAR(1)	무: 0 / 유: 1
ROADFAC_TYPE	도로부속시설유형	CHAR(3)	001: 고가차도(OPA) 002: 지하차도(UPA) 003: 교량(BRI) 004: 터널(TER) 005: 요금징수시설(TOLL)
ROADFAC_NAME	도로부속시설물명칭	VARCHAR2(30)	
TOLL	통행료징수여부	CHAR(1)	
OVERROAD_CNT	중용도로수	NUMBER(1)	
RESTRICT_VEH	통행제한차량유형	CHAR(3)	0: 관계없음(모두 통행 가능) 1: 승용차 2: 승합차 3: 버스 4: 트럭 5: 이륜차 6: 기타
RESTRICT_WEIGHT	통과제한하중	NUMBER(3, 1)	
RESTRICT_HEIGHT	통과제한높이	NUMBER(3, 1)	
DISTRICT_ID	행정구역 ID	VARCHAR2(7)	
NETWORK_LEVEL	교통망레벨	NUMBER(1)	
LENGTH	길이	NUMBER(7, 1)	
RAMP	연결접속부유무	CHAR(1)	무: 0 / 유: 1
UPLINK_ID	상위레벨링크ID	VARCHAR2(13)	
UPLINK_ID_OLD	변경전 LINK_ID	CHAR(13)	
CROSS_PASS	교행여부	CHAR(1)	

## 2) Data의 한계 및 활용

- 교통주제도(KTDB)와 ITS표준노드링크(국토교통부)의 링크Data에서 제공되는 속성Data는 유사하며, 연장, 차로수, 중앙분리대 유무, 버스전용차로 유무, 제한속도 등 개별링크의 물리적 특성을 나타내는 지표로 활용 가능함

### 3. 자동차부문 교통망성능평가 지표 산출을 위한 Data 구축

#### 가. 필요 Data

- 교통망성능평가를 위해서 교통상태(Traffic Condition)를 나타내는 통행속도, 교통량과 신뢰성 지표 산출을 위한 자유통행속도 및 혼잡기준속도 정의, 차량기반 지표를 사람기반 지표로 환산하기 위한 재차인원이 필요함
  - 통행속도(Actual Travel Speed)
  - 교통량(Vehicle Volume)
  - 자유통행속도(Free-Flow Travel Speed) 및 혼잡기준속도 정의
  - 재차인원(Vehicle occupancy, persons per vehicle)
- 상기 Data 수집 시 통행속도 Data와 교통량 Data 수집지점이 일치되어야 함
  - 통행속도와 교통량이
  - TTI UMR(2012)에서는 교통량 Data가 존재하는 지점에서 매칭되는 속도 Data가 없을 경우 분석 대상 도시의 인구 규모별 속도를 추정하는 방법을 제시하고 있음<sup>7)</sup>
- 본 연구에서는 전문가 설문조사를 통해 선정된 지표 외 교통량을 활용한 지표 산출을 위해 확보된 Data를 가공하여 지표 산출을 위해 필요한 Data를 구축하고자 함

#### 나. 통행속도 Data 구축

- 통행속도 Data는 부천시교통정보센터 ITS검지기 Data를 가공하여 활용함
- 부천시교통정보센터 ITS검지기 Data는 개별 링크에서 5분 간격으로 통행속도가 수집됨. 이 통행속도는 검지기로부터 5분간 수집된 개별 차량의 링크 통과 속도의 평균 값임
- 개별 링크의 5분 평균통행속도를 다시 1시간대별로 산술평균하여 1시간 평균통행속도를 산출하고, 이를 다시 요일별로 집계하여 요일별·시간대별 1시간 평균통행속도 Data를 구축함(개별 링크당 168(7\*24)개의 통행속도 Data를 구축)

7) TTI(2012), Urban Mobility Report, Appendix A. pp.11-12.



<그림 5-9> 통행속도 Data 구축 과정

#### 다. 자유통행상태(Free-Flow Travel/Traffic)와 혼잡(Congestion)의 정의

- 기존 연구에서 자유통행상태나 비첨두시 통행은 혼잡에 대하여 정의하기 위한 기준으로 사용됨. 즉, 자유통행상태 및 비첨두시보다 통행속도저하 및 통행시간이 증가되는 상태를 혼잡상태로 간주하고 있음
- 자유통행상태는 교통량이 적을 때로 정의되지만, 기존 연구에서 교통량이 적을 때(Traffic condition at low volume)에 대한 기준 정의는 다양함
  - TTI(2012) UMR 2012에서는 22:00~05:00 시간대를 자유통행상태로 정의하고 있으며, 박경철(2010)은 01:00~02:00 시간대를 자유통행상태로 정의하고 있음
  - 영국 교통국(Department for Transport, 2013)에서는 자동으로 관측·수집되는 통행속도 Data를 기반으로 각 도로의 자유통행속도에 대한 통계를 작성하고 있음

- 우리나라는 일부 지자체에서 교통조사사업 중 통행속도에 대한 통계를 작성하고는 있으나<sup>8)</sup>, 도심부 도로의 자유통행속도에 대한 통계가 없는 실정임
  - 자유통행속도는 특정 도로구간에 교통량이 매우 적고 교통통제설비가 없거나 없다고 가정할 때 운전자가 속도제한 범위내에서 선택할 수 있는 최고속도로, 도로의 기하구조에 의해서만 영향을 받는다고 알려져있음(부산광역시, 2010)
- 도심부 도로의 자유통행속도에 대한 기준이나 통계자료가 없으므로, 본 연구에서는 도로의 제한속도를 자유통행속도로 가정함
- 혼잡(Congestion)에 대한 정의는 교통혼잡을 결정하는 기준속도(reference speed)에 따라 나눌 수 있음
  - 교통혼잡기준속도는 교통공학적 접근방법과 교통경제학적 접근방법에 따라 달라짐. 교통공학적 접근에서는 임의의 설정값을 기준 속도로 정하고, 이보다 주행속도가 낮을 경우 교통혼잡이 발생한다고 정의함
  - 조한선 외(2007), 조한선 외(2008), 조한선(2012)에서는 교통혼잡비용을 추정하기 위해 지역 간 도로와 도시부 도로로 구분하고, 지역 간 도로는 서비스 수준 C(도시내 도로 중 자동차 전용도로는 서비스 수준 D)를 기준으로, 도시부 도로는 27km/h를 기준으로 설정, 이 기준 속도보다 속도가 낮을 경우를 혼잡상태로 정의한바 있음

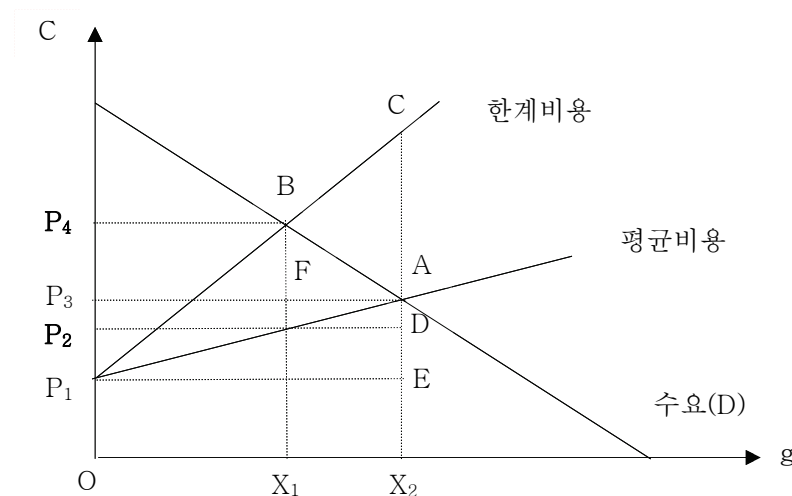
<표 5-15> 국내 교통혼잡비용 추정시 적용되는 혼잡기준속도

지역구분	도로 등급기능 구분	기준설정 근거	혼잡기준속도
지역 간 도로	고속국도	서비스 수준 C 기준	4차선 이상 : 90km/h <sup>1)</sup> 2차선 이상 : 75km/h <sup>1)</sup>
	일반국도		4차선 이상 : 80km/h <sup>1)</sup> 2차선 이상 : 70km/h <sup>1)</sup>
	지방도		60km/h
도시부 도로	일반도로	서비스 수준 D 기준	27km/h
	자동차전용도로		설계속도 80km/h : 75km/h

자료 : 조한선(2012), “2009년 전국 교통혼잡비용 추정과 추이 분석”, pp.21-22의 내용을 재구성함.

8) 서울시에서는 1998년 6월 부터 ‘서울시차량통행속도실태조사’(통계청 승인번호 제20109호)라는 공식 승인통계를 작성하고 있으나, 서울시를 제외한 도시에서는 지자체 교통조사 사업이 일환으로 차량통행속도를 조사하고 있음.

- 조한선 외(2007)는 해외사례를 통해 미국과 일본은 혼잡판단 기준속도를 자유속도로, 캐나다는 자유속도의 50%, 60%, 70%를 혼잡판단 기준속도로 설정하고 있음을 확인한바 있음
- 교통경제학적 접근에서는 사회적 손실(<그림 5-10>에서  $\triangle ABC$ )을 제거하기 위한 적정 교통량이 존재하는 상태의 통행속도를 기준속도로 보고, 이보다 낮을 경우에 교통혼잡상태로 규정. 이때의 통행속도는 수요곡선 D와 한계비용곡선 MC가 교차하는 지점에서 결정된다고 정의함



<그림 5-10> 교통경제학적 접근에서의 교통혼잡 기준속도 개념

- 교통공학적인 기준속도인 27km/h는 현재 교통혼잡비용을 추정할 때 기준이 되는 속도로서 도로용량편람에 의거하여 설정( $P_1$ 과  $P_3$ 사이에 존재)되나, 대도시 통행여건을 감안할 때 다소 높다는 지적이 있음
- 실제 통행속도는 도시규모나 통행특성에 따라 다르고, 교통혼잡상태라고 인지하는 의식도 시간의 흐름에 따라서 정도의 차이가 날 수 있으므로, 모든 도시에 일률적으로 적용하는데 무리가 있다고 판단됨
- 반면 경제학적 접근방법에서 설정되는 교통혼잡상태는 교통수요와 교통공급비용간 불일치에 나타나는 현상으로, 교통혼잡 수준은 지불의사 능력과 연관하여 설정( $P_4$ )되는 등 이론적으로 우수한 면이 있으나, 이를 구하기엔 어려움이 있음(Prud'homme, 1999)
- 본 연구에서 혼잡기준속도는 조한선(2012)의 교통혼잡비용 추정 연구에서 도시부도로 자동차 전용도로 혼잡기준속도 기준 정의에 적용된 서비스수준 'D'를 적용함
- 부천시교통정보센터 ITS검지기 Data에서 통행속도가 수집되는 링크(421개)는 부천시 내



19개 교통축(봉오대로, 오정로, 길주로, 부일로, 경인로, 송내대로, 신흥로, 부천로, 소사로, 역곡로, 범안로, 석촌로, 삼작로, 수도로, 평천로, 상동로, 중동로, 부흥로, 성주로)의 일부 링크로, 이들 19개 교통축은 엄밀한 의미로 도시부 자동차전용도로는 아니지만 도시부 간선도로로서 자동차전용도로와 유사한 기능을 수행하는 것으로 가정함

- 국토해양부(2013) 『도로용량편람』 에서 도시 간선도로의 서비스 수준은 간선도로의 유형별 자유속도와 교차로의 서비스수준을 모두 고려하도록 권장하고 있음
- 모든 교차로의 지체시간과 신호주기를 모두 고려하기는 현실적으로 어려움이 따르므로, 본 연구에서는 『도로용량편람』 에서 제시된 자유속도별 서비스수준 D의 평균통행속도를 혼잡기준속도로 설정함
  - 『도로용량편람』에서는 자유속도가 60~80km/h인 도시 간선도로의 서비스수준에 따른 평균통행속도만을 제시하고 있어, 본 연구에서는 자유속도<sup>9)</sup> 50km/h이하의 도로에서 서비스수준 D의 평균통행속도 하한값을 설정함
  - 자유속도 60~80km/h의 서비스수준 D의 평균통행속도 하한값을 바탕으로 <표 5-16>과 같이 자유속도별 서비스수준 D의 평균통행속도 하한값을 설정함

<표 5-16> 자유속도에 따른 서비스수준별 평균통행속도 기준 및 혼잡기준속도

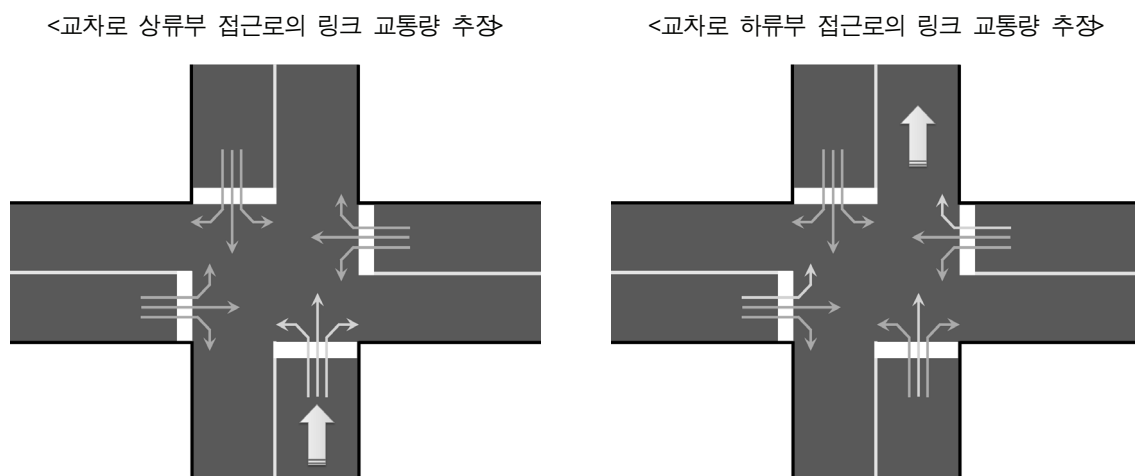
자유속도기준(km/h)	80	70	60	50	40	30
서비스수준	평균통행속도(km/h)					
A	≥ 67	≥ 60	≥ 49	≥ 39	≥ 30	≥ 25
B	≥ 51	≥ 46	≥ 39	≥ 33	≥ 26	≥ 21
C	≥ 37	≥ 33	≥ 29	≥ 25	≥ 20	≥ 17
<b>D</b>	<b>≥ 28</b>	<b>≥ 25</b>	<b>≥ 20</b>	<b>≥ 18</b>	<b>≥ 15</b>	<b>≥ 12</b>
E	≥ 21	≥ 18	≥ 12	≥ 10	≥ 10	≥ 9
F	≥ 10	≥ 10	≥ 8	≥ 6	≥ 6	≥ 5
FF	≥ 6	≥ 6	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 5
FFF	< 6	< 6	< 5	< 4	< 5	< 5

주 : 음영으로 표시한 부분이 본 연구에서 설정한 혼잡기준속도임.

9) 본 연구에서는 자유속도를 제한속도로 가정함에 따라 60km/h 이하의 자유속도를 갖는 링크가 존재함.

## 라. 교통량 Data 구축

- 교통량 Data가 수집될 경우 다양한 교통망성능평가 지표 산출이 가능함
  - 예를 들어, 차량주행거리(VKT, Vehicle Kilometer Traveled), TTI(2012) UMR에서 제시하는 통행시간지수(TTI), 차량통행지체(Travel Delay) 등 교통상태(Traffic Condition)를 화폐가치화하여 지역간 비교가 용이한 지표의 산출이 가능함
  - 상기한 지표들의 산출을 위해서는 교통량 Data와 통행속도 Data가 수집되는 지점이 일치되어야 함
- 부천시 교통 Data 중 통행속도는 부천시교통정보센터 ITS검지기를 통해 상시 수집되나, 교통량 Data의 상시 수집은 이루어지지 않고 있는 실정임
- 이에 본 연구에서는 교차로 교통량조사 Data를 활용하여 교통량 Data를 구축하고자 함
- 조사가 이루어진 교차로의 기하구조로부터 접근로의 링크 교통량을 추정함



<그림 5-11> 교차로 교통량조사 Data를 활용한 교차로 접근로 링크 교통량 추정

- 교통량조사는 2011년 6월~9월 중 1일에 조사된 Data이므로, 조사일시의 시간보정계수, 요일보정계수, 월보정계수를 활용하여 교차로 접근로 링크의 연평균일교통량(AADT)를 추정함
- 추정을 통해 연평균일교통량(AADT)을 확보한 링크의 공간적 위치를 기반으로 공간통계기법 중 하나인 회귀크리깅(RK, Regresstion Kriging)방법으로 통행속도가 수집되는 링크의 연평균일교통량을 추정함

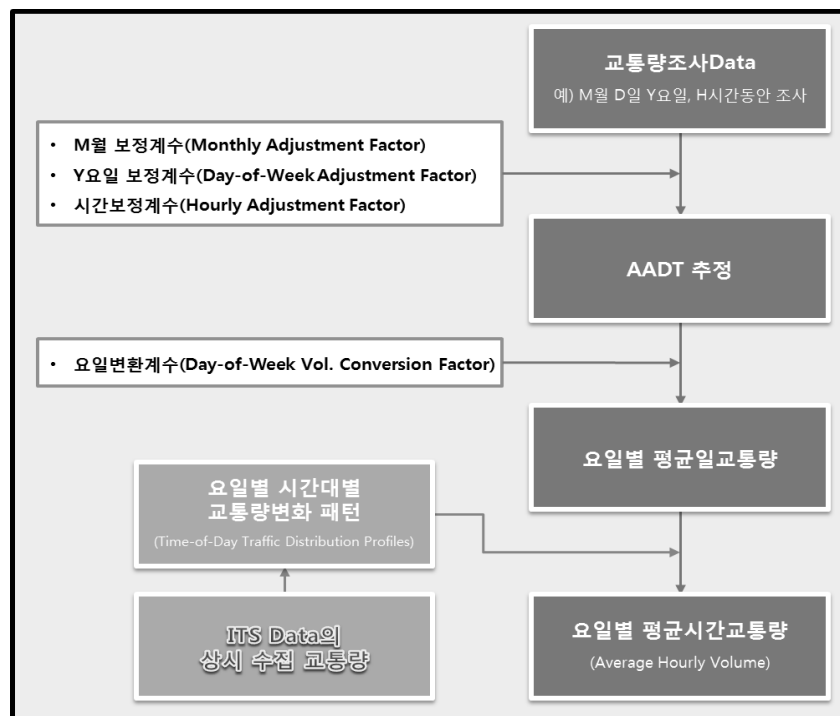
- 개별 링크의 연평균일교통량(AADT)에 다시 요일변환계수를 적용하여 개별 링크의 요일별 일평균교통량(ADT)을 산출함
  - 요일별 일평균교통량(ADT) 산출에 적용된 요일변환계수는 『부천시 도시교통정비 기본계획』에서 제시된 신흥로와 소사로의 요일변동계수를 평균하여 사용하였음<sup>10)</sup>
- 부천시교통정보센터 ITS검지기 Data 중 상시교통량이 수집되는 23개의 링크로부터 시간대별 교통량 비율을 산출하고, 이를 개별 링크의 요일별 일평균교통량(ADT)에 적용하여 요일별·시간대별 1시간 평균교통량을 추정함
  - 상시교통량이 수집되는 23개의 링크는 다음과 같이 관측됨
    - 방향별 관측수: 북향 12개, 남향, 10개, 동향
    - AADT 그룹별 관측수: 15,000대/일 미만 6개, 15,000~25,000대/일 9개, 25,000~35,000대/일 4개, 35,000~45,000대/일 4개
    - 차로수별 관측수: 1차로 1개, 2차로 7개, 3차로 10개, 4차로 3개, 5차로 2개
    - 교통축별 관측수: 송내대로 2개, 신흥로 8개, 소사로 12개, 부일로 1개
  - 교통량 상시조사 23개 링크의 시간대별 교통량 변화 패턴을 살펴본 결과 링크의 방향에 따라 유사한 패턴을 보임
    - 북향: 오전 첨두 교통량 집중 경향
    - 남향: 오후 첨두 교통량 집중 경향
    - 동향: 오전/오후 첨두 교통량 변화 패턴 대칭
    - 서향: 오전/오후 첨두 교통량 변화 패턴 대칭
  - 본 연구에서는 시간대별 교통량 변화 패턴을 8가지 유형으로 분류하여 적용함
    - 상시교통량이 수집되는 교통축은 해당 교통축의 관측 Data로부터 방향별 시간대별 교통량 변화 패턴을 적용함
    - 상시교통량이 수집되지 않는 교통축은 모든 관측 Data로부터 방향별 시간대별 교통량변화 패턴을 적용함
    - 상기한 2가지 기준에 따라 8가지로 분류된 시간대별 교통량 변화 패턴 유형은 <표 5-17>과 같음

10) 신흥로와 소사로의 요일변동계수는 '제4장 차량주행거리 산정'에서 제시되어 있음.

&lt;표 5-17&gt; 유형별 시간대별 교통량 변화 패턴

유형 구분	방향 구분	교통축 구분	시간대별 교통량변화 패턴	유형 구분	방향 구분	교통축 구분	시간대별 교통량변화 패턴
1	남향	신흥로		5	북향	송내대로	
2	북향	신흥로		6	남향	—	
3	남향	소사로		7	북향	—	
4	북향	소사로		8	동서향	—	

- 상기한 방법으로 개별 링크의 요일별·시간대별 1시간 평균교통량을 산출하여, 앞서 구축한 통행속도 Data와 시간측면의 구분을 동일하게 함



&lt;그림 5-12&gt; 통행속도 Data 구축 과정

#### 마. 재차인원

- TTI(2012) UMR에서는 차량단위로 산출된 각종 지표를 사람 통행단위로 변환해주기 위해 교통량에 재차인원을 곱하고, 사람 통행단위의 지표로부터 화폐가치화 과정을 거침
- 우리나라의 교통혼잡비용 추정(조한선 외, 2007; 조한선 외, 2008; 조한선, 2012)시에도 교통량에 재차인원을 곱하여 이를 사람 통행단위로 환산 한 후 이에 다시 통행시간가치를 곱하여 혼잡비용을 산출하고 있음
- 재차인원은 차량단위로 산출한 지표의 결과를 화폐가치화하기 위한 중간 과정에서 필요하며, 또한 교통네트워크에서 혼잡 및 혼잡으로 인한 지체를 겪게되는 규모를 가늠하고자 할 때도 필요함
- 본 연구에서는 KTDB 여객기종점통행량자료에서 제시된 부천시(경기도) 차종별 평균재차인원을 적용함

<표 5-18> 부천시 차종별 평균재차인원

차종	평균재차인원	비고
승용차	1.32	부천시 시군간 재차인원(1.26)과 내부존간 재차인원(1.38)의 평균
버스	12.91	경기도 평균 버스 재차인원
화물차	1.00	화물차는 운전자만 탑승한다고 가정

#### 4. 자동차부문 교통망성능평가 지표 산출

##### 가. 자동차부문 교통망성능평가의 전제

###### 1) 지표 산출 공간적 범위

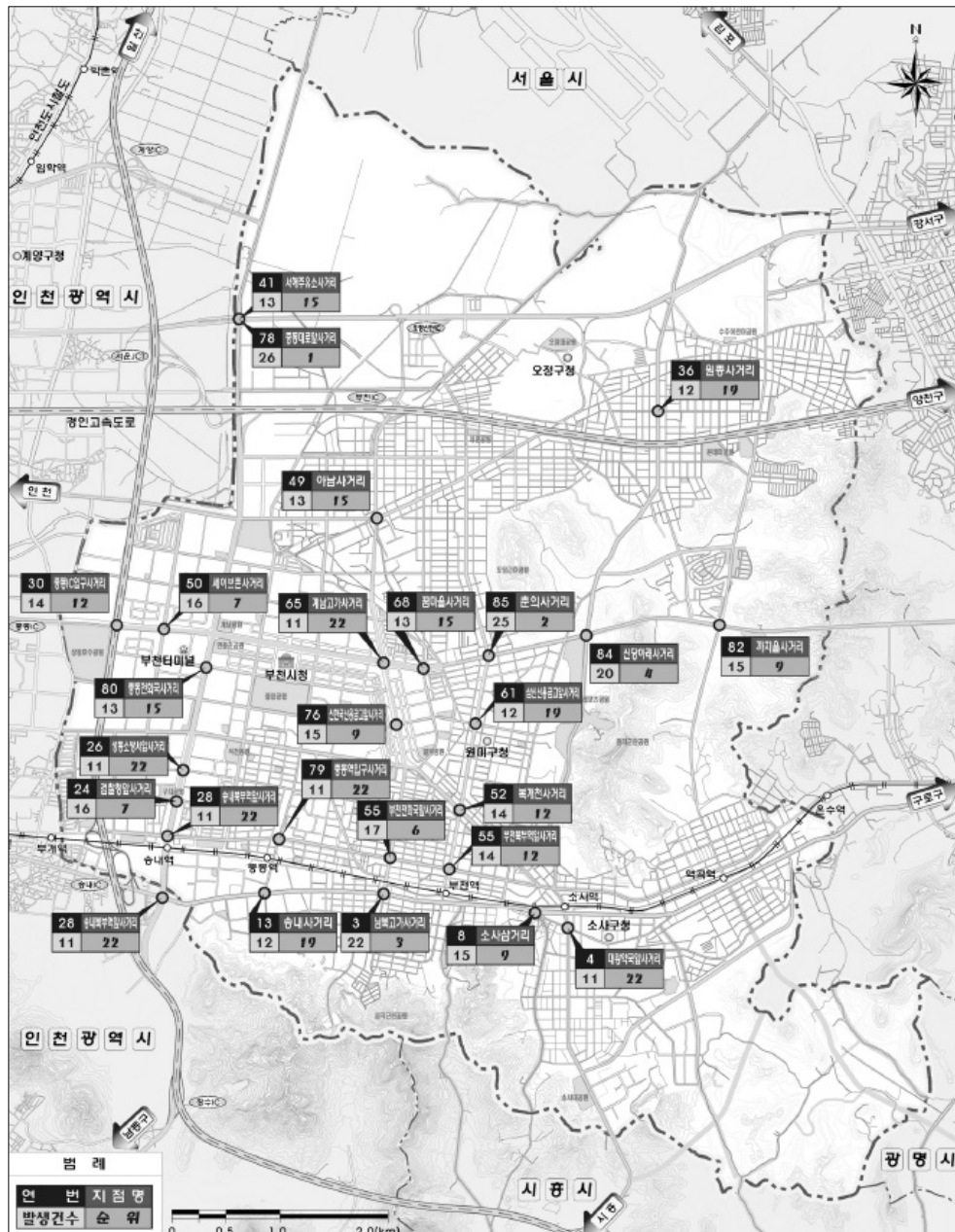
- 모든 지표는 기본적으로 개별 링크 단위로 산출을 함
- 개별 링크별로 산출된 지표는 부천시 전체에서 1개의 값(value)을 갖도록 집계하여 부천시 전체 교통망을 진단할 수 있는 지표를 제시함

###### 2) 지표 산출 시간적 범위

- 모든 지표는 기본적으로 주중 평일과 주말로 구분하여 산출하며, 평일과 주말을 집계한 주중 지표는 연평균지표로 제시함
- 신뢰성 지표 중 첨두시에 한정하여 산출하는 일부 지표를 제외하고는 하루 중 첨두시와 비첨두시로 구분하여 산출함

###### 3) 지표 산출 내용적 범위

- 본 연구에서 설정한 자동차부문 교통망성능평가 체계에는 교통인프라 공급 지표, 교통체계 이용 지표, 교통시스템전반 지표로 구분됨
- 교통인프라 공급 지표는 전문가 설문조사와 Data 확보 가능성을 고려하여 선정된 지표들을 산출함
- 교통체계 이용 지표 중 이동성 지표는 최종 선정된 지표 외 교통량 지표, 통행속도 지표, 통행시간 지표, 주행거리 지표를 산출함
- 교통체계 이용 지표 중 신뢰성 지표는 최종 선정된 지표 외 본 연구에서 구축한 Data를 바탕으로 통행속도 기반 지표, 통행시간 기반 지표, 통행속도·시간·교통량 기반 지표로 구분하여 산출함
- 교통체계 이용 지표 중 안전성 지표는 선정된 지표들이 기존 연구나 교통통계에서 사용되는 지표이고, 『부천시 도시교통정비 기본계획』에서 제시되어 있으므로 본 연구에서 별도로 산출하지 않음



<그림 5-13> 부산시 교통사고 발생건수 상위지점(2010년 11건 이상)

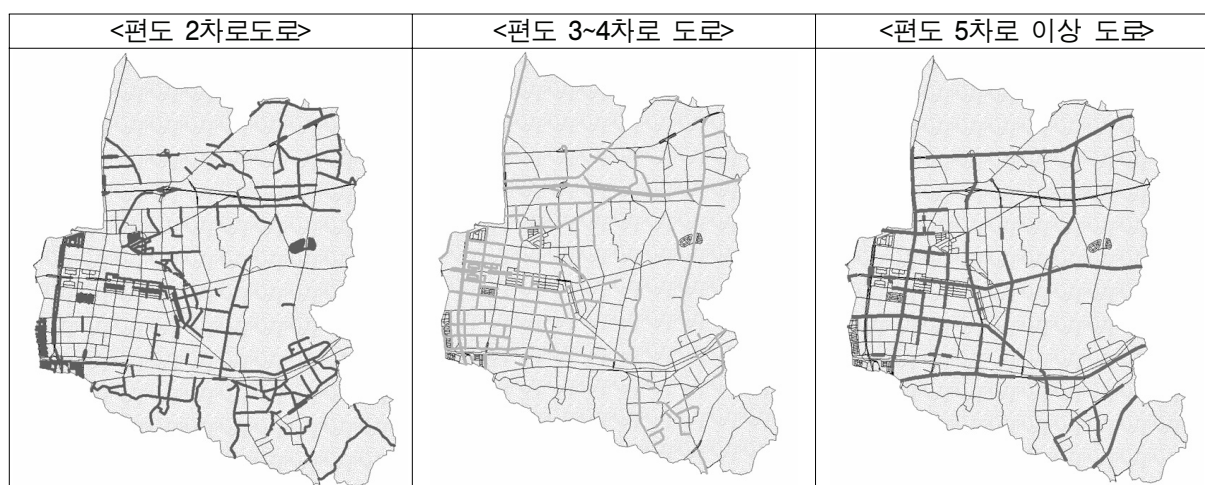
자료 : 부산시(2012), 『부산시 도시교통정비 기본계획』, p. 47.

- 교통시스템전반 지표 중 최종 선정된 지표는 교통혼잡비용이 있음. 교통혼잡비용 지표는 한국교통연구원에서 산출하여 제시하고 있는바, 본 연구에서는 기존 교통혼잡비용 산출방법을 적용함
- 본 연구에서는 교통체계 이용 지표 중 이동성과 신뢰성 지표를 중점적으로 다루고자 함



### 나. 교통인프라 공급 측면 교통망성능평가 지표

- 부천시 총 도로연장은 593,438m이며, 이중 고속국도 9,250m(1.56%), 일반국도 19,420m(3.27%), 시도 564,768m(95.17%)임<sup>11)</sup>
- 전체 도로연장 593,438m 중 GIS 교통주제도(Lv.2)로 표현되는 도로는 91.7%, 544,452m이며, GIS 교통주제도(Lv.2) 기준 차로수 고려 총 도로연장은 1,933.712 lane·km임



<그림 5-14> 링크별 차로수

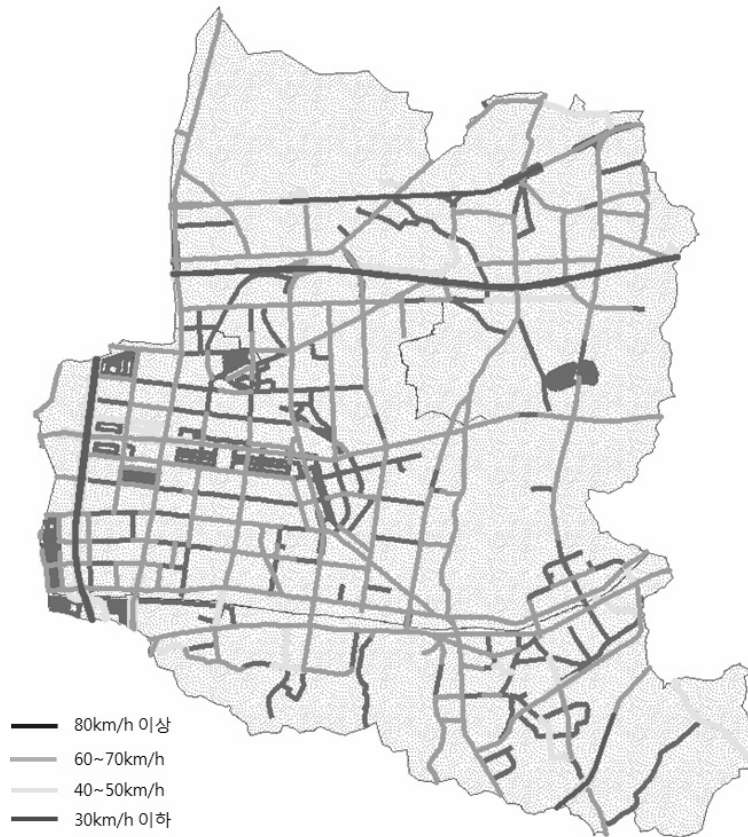
- 총 도로면적은 8.17km<sup>2</sup>으로, 토지 면적(35.36km<sup>2</sup>) 중 도로면적 비율은 23.11%임
- 제한속도별 도로연장은 <표 5-19>와 같음

<표 5-19> 제한속도별 도로연장

제한속도(km/h)	연장		차로수 고려 연장	
	(m)	(%)	(lane·m)	(%)
30 이하	197,593	36.3	495,595	25.6
40	29,682	5.5	67,305	3.5
50	27,195	5.0	72,068	3.7
60	169,959	31.2	664,727	34.4
70	74,517	13.7	421,975	21.8
80	8,836	1.6	70,418	3.6
100	36,671	6.7	141,625	7.3
계	544,452	100.0	1,933,713	100.0

11) 부천시(2012), 『부천시 도시교통정비 기본계획』, p. 19.



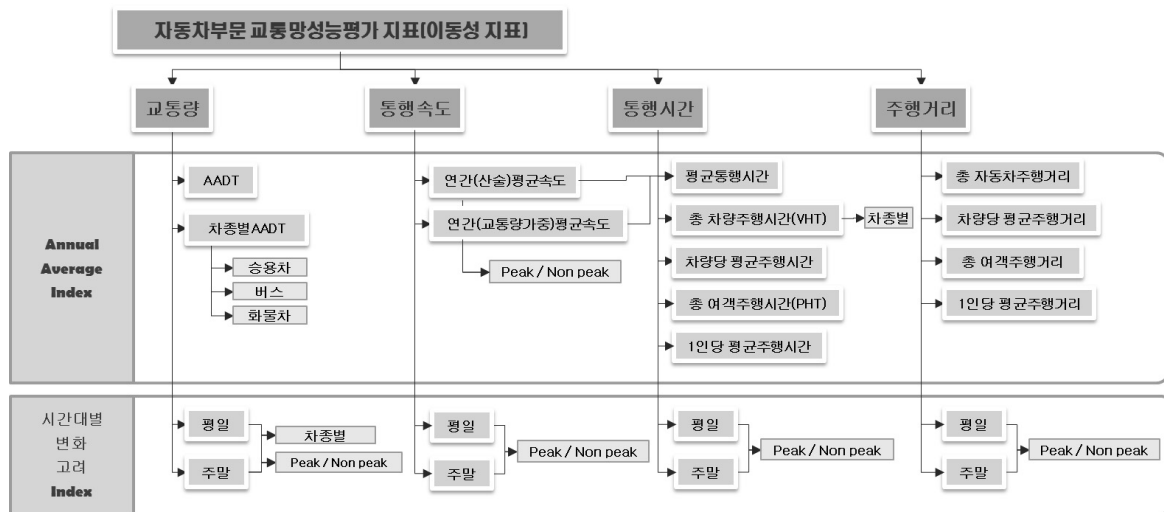


<그림 5-15> 도로링크별 제한속도

#### 다. 교통체계 이용 측면 교통망성능평가 지표

##### 1) 이동성 지표

- 본 연구에서 산출하는 이동성 지표는 교통량 지표, 통행속도 지표, 통행시간 지표, 주행거리 지표로 분류하여 산출함
- 개별 링크의 지표를 우선 산출 후 부천시를 대상으로 연평균 1개의 값(Value)을 갖는 집계형 지표를 재산출함
- 교통량, 통행속도, 통행시간, 주행거리 구분에 따른 개별 링크단위 산출 지표와 집계형 지표 간 분류는 <그림 5-16>과 같음(지표별 세부 산출 방법은 부록 참조)



<그림 5-16> 교통체계 이용 - 이동성 지표 분류

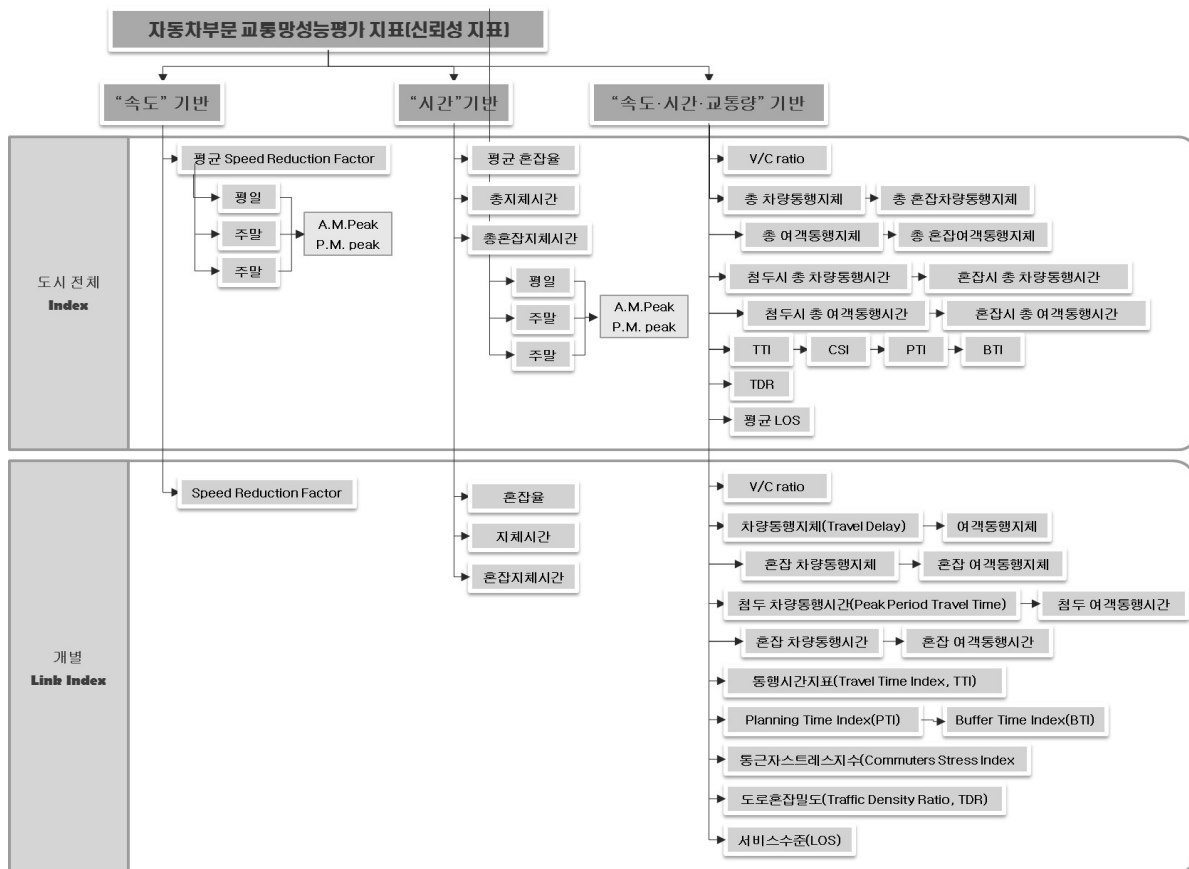
- 부천시 내 교통망에서는 평균적으로 통행속도가 26.84km/h(평일 26.25km/h, 주말 27.90km/h)인 것으로 나타났음
- 오전첨두시(07:00~09:00)의 평균 통행속도는 28.30km/h(평일 26.54km/h, 주말 32.30km/h), 오후첨두시(18:00~20:00)의 평균 통행속도는 23.25km/h(평일 22.36km/h, 주말 25.24km/h)로 부천시는 평균적으로 오후첨두시에 통행 지체가 발생할 가능성이 높은 것으로 판단됨

<표 5-20> 부천시 교통체계 이용 - 이동성 지표(집계형 지표)

구분	지표명	단위	Value
통행속도	연평균 통행속도	km/h	26.84
통행속도	연평균 평일 통행속도	km/h	26.25
통행속도	연평균 주말 통행속도	km/h	27.90
통행속도	연평균 오전첨두 통행속도	km/h	28.30
통행속도	연평균 비첨두 통행속도	km/h	27.25
통행속도	연평균 오후첨두 통행속도	km/h	23.25
통행속도	연평균 평일 오전첨두 통행속도	km/h	26.54
통행속도	연평균 평일 비첨두 통행속도	km/h	26.87
통행속도	연평균 평일 오후첨두 통행속도	km/h	22.36
통행속도	연평균 주말 오전첨두 통행속도	km/h	32.30
통행속도	연평균 주말 비첨두 통행속도	km/h	27.96
통행속도	연평균 주말 오후첨두 통행속도	km/h	25.24
통행시간	연평균 1일 총 차량주행시간(Total VHT)	대·시/일	85,146.79
통행시간	차량당 1일 평균주행시간	분/일	8.58
통행시간	연평균 1일 총 여객주행시간(Total PHT)	인·시/일	205,948.71
통행시간	1인당 1일 평균주행시간	분/일	11.79
주행거리	연평균 1일 총 차량주행거리(Total VKT)	대·km/일	2,285,241.73
주행거리	차량당 1일 평균주행거리	m/일	3,840.02
주행거리	연평균 1일 총 여객주행거리(Total VKT)	인·km/일	5,486,613.56
주행거리	1인당 1일 평균주행거리	m/일	5,235.03

## 2) 신뢰성 지표

- 본 연구에서 산출하는 신뢰성 지표는 통행속도 기반 지표, 통행시간 기반 지표, 통행속도·시간·교통량 기반 지표로 분류하여 산출함
- 개별 링크의 지표를 우선 산출 후 부천시를 대상으로 연평균 1개의 값(Value)을 갖는 집계형 지표를 재산출함
- 교통량, 통행속도, 통행시간, 주행거리 구분에 따른 개별 링크단위 산출 지표와 집계형 지표 간 분류는 <그림 5-17>과 같음(지표별 세부 산출 방법은 부록 참조)



&lt;그림 5-17&gt; 교통체계 이용 - 신뢰성 지표 분류

- 부천시 내 교통망에서는 오전첨두시의 평균 통행속도보다 오후첨두시의 평균 통행속도가 더 낮은 특성을 보였음
- 이는 평균 Speed Reduction Factor(SRF)를 통해서도 같은 특성을 보이는데, 오전첨두 평균 SRF는 0.55(평일 0.53, 주말 0.62)인 반면, 오후첨두 평균 SRF는 0.48(평일 0.46, 주말 0.51)로 오후첨두시에 자유속도 대비 통행속도의 감소비율이 더 큰 것으로 나타남

- 부천시 내 교통망의 오후첨두시 지체 심화 현상은 평균 혼잡율과 총 지체시간으로도 살펴볼 수 있음
- 부천시 오전첨두시 평균 혼잡율은 2.14, 총 지체시간은 309.14분이고 오후첨두시 평균 혼잡율은 2.62, 총 지체시간은 443.11분으로, 오전첨두시에 비하여 오후첨두시에 지체시간이 1.43배 더 큰 것으로 나타남

<표 5-21> 부천시 교통체계 이용 - 신뢰성 지표(집계형 지표)

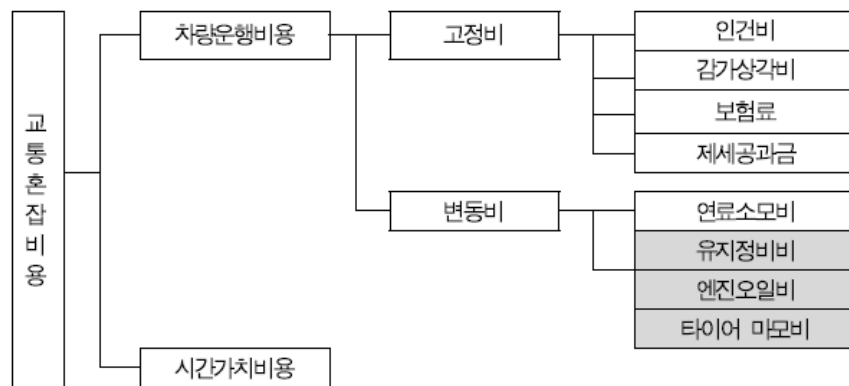
부문	지표명	단위	Value
통행속도기반	오전첨두 평균 Speed Reduction Factor	—	0.55
통행속도기반	평일 오전첨두 평균 Speed Reduction Factor	—	0.53
통행속도기반	주말 오전첨두 평균 Speed Reduction Factor	—	0.62
통행속도기반	오후첨두 평균 Speed Reduction Factor	—	0.48
통행속도기반	평일 오후첨두 평균 Speed Reduction Factor	—	0.46
통행속도기반	주말 오후첨두 평균 Speed Reduction Factor	—	0.51
통행속도기반	첨두 평균 Speed Reduction Factor	—	0.51
통행속도기반	평일 첨두 평균 Speed Reduction Factor	—	0.49
통행속도기반	주말 첨두 평균 Speed Reduction Factor	—	0.57
통행시간기반	오전첨두 평균 혼잡률	—	2.14
통행시간기반	평일 오전첨두 평균 혼잡률	—	2.27
통행시간기반	주말 오전첨두 평균 혼잡률	—	1.88
통행시간기반	오후첨두 평균 혼잡률	—	2.62
통행시간기반	평일 오후첨두 평균 혼잡률	—	2.72
통행시간기반	주말 오후첨두 평균 혼잡률	—	2.41
통행시간기반	첨두 평균 혼잡률	—	2.34
통행시간기반	평일 첨두 평균 혼잡률	—	2.46
통행시간기반	주말 첨두 평균 혼잡률	—	2.10
통행시간기반	오전첨두 총지체시간	분	309.14
통행시간기반	평일 오전첨두 총지체시간	분	344.39
통행시간기반	주말 오전첨두 총지체시간	분	240.82
통행시간기반	오후첨두 총지체시간	분	443.11
통행시간기반	평일 오후첨두 총지체시간	분	471.09
통행시간기반	주말 오후첨두 총지체시간	분	387.10
통행시간기반	첨두 총지체시간	분	732.06
통행시간기반	평일 첨두 총지체시간	분	796.08
통행시간기반	주말 첨두 총지체시간	분	602.54
통행시간기반	오전첨두 총혼잡지체	분	32.77
통행시간기반	평일 오전첨두 총혼잡지체	분	45.56
통행시간기반	주말 오전첨두 총혼잡지체	분	14.91
통행시간기반	오후첨두 총혼잡지체	분	98.49
통행시간기반	평일 오후첨두 총혼잡지체	분	112.87
통행시간기반	주말 오후첨두 총혼잡지체	분	75.07
통행시간기반	첨두 총혼잡지체	분	111.55

## &lt;표 계속&gt;

부문	지표명	단위	Value
통행시간기반	평일 첨두 총혼잡지체	분	138.74
통행시간기반	주말 첨두 총혼잡지체	분	67.61
속도·시간·교통량기반	평균 V/C	—	0.57
속도·시간·교통량기반	평일 평균 V/C	—	0.59
속도·시간·교통량기반	주말 평균 V/C	—	0.54
속도·시간·교통량기반	총차량통행지체	대·시	47,505.63
속도·시간·교통량기반	평일 총차량통행지체	대·시	50,563.69
속도·시간·교통량기반	주말 총차량통행지체	대·시	41,700.64
속도·시간·교통량기반	총여객통행지체	인·시	114,821.84
속도·시간·교통량기반	평일 총여객통행지체	인·시	122,114.83
속도·시간·교통량기반	주말 총여객통행지체	인·시	100,969.82
속도·시간·교통량기반	총혼잡차량통행지체	대·시	7,625.51
속도·시간·교통량기반	평일 총혼잡차량통행지체	대·시	8,561.05
속도·시간·교통량기반	주말 총혼잡차량통행지체	대·시	6,383.63
속도·시간·교통량기반	총혼잡여객통행지체	인·시	18,344.40
속도·시간·교통량기반	평일 총혼잡여객통행지체	인·시	20,555.77
속도·시간·교통량기반	주말 총혼잡여객통행지체	인·시	15,431.36
속도·시간·교통량기반	첨두시 총차량통행시간	대·시	17,520.35
속도·시간·교통량기반	평일 첨두시 총차량통행시간	대·시	19,230.62
속도·시간·교통량기반	주말 첨두시 총차량통행시간	대·시	13,752.21
속도·시간·교통량기반	첨두시 총여객통행시간	인·시	42,349.53
속도·시간·교통량기반	평일 첨두시 총여객통행시간	인·시	46,453.84
속도·시간·교통량기반	주말 첨두시 총여객통행시간	인·시	33,291.94
속도·시간·교통량기반	혼잡시 총차량통행시간	대·시	31,289.62
속도·시간·교통량기반	평일 혼잡시 총차량통행시간	대·시	34,306.33
속도·시간·교통량기반	주말 혼잡시 총차량통행시간	대·시	26,858.61
속도·시간·교통량기반	혼잡시 총여객통행시간	인·시	75,070.44
속도·시간·교통량기반	평일 혼잡시 총여객통행시간	인·시	82,193.66
속도·시간·교통량기반	주말 혼잡시 총여객통행시간	인·시	64,522.01
속도·시간·교통량기반	TTI	—	2.28
속도·시간·교통량기반	평일 TTI	—	2.33
속도·시간·교통량기반	주말 TTI	—	2.19
속도·시간·교통량기반	CSI	—	2.32
속도·시간·교통량기반	평일 CSI	—	2.37
속도·시간·교통량기반	주말 CSI	—	2.23
속도·시간·교통량기반	PTI	—	2.74
속도·시간·교통량기반	평일 PTI	—	2.74
속도·시간·교통량기반	주말 PTI	—	2.74
속도·시간·교통량기반	BTI	—	49.73
속도·시간·교통량기반	평일 BTI	—	44.90
속도·시간·교통량기반	주말 BTI	—	56.37
속도·시간·교통량기반	TDR	—	7,045.28
속도·시간·교통량기반	평일 TDR	—	7,213.50
속도·시간·교통량기반	주말 TDR	—	6,624.75
속도·시간·교통량기반	LOS	—	C
속도·시간·교통량기반	평일 LOS	—	C
속도·시간·교통량기반	주말 LOS	—	C

## 라. 교통시스템 전반 측면 교통망성능평가 지표

- 본 연구에서 산출하는 교통시스템 전반 측면 교통망성능평가 지표로 교통혼잡비용을 산출함
- 조한선 외(2013)에서 교통혼잡비용을 추정하고 있는데 교통혼잡비용은 <그림 5-18>과 같이 차량운행비용과 시간가치비용으로 구성됨. 차량운행비용은 다시 고정비와 변동비로 구성되며, 변동비 중 유지정비비, 엔진오일비, 타이어 마모비 등은 계산이 곤란하고 크기가 미미하여 교통혼잡비용의 추정에서 제외됨<sup>12)</sup>



<그림 5-18> 교통혼잡비용의 구성요소

자료 : 조한선 외(2013), 2010년 전국 교통혼잡비용 추정과 추이 분석, p. 12.

- 조한선 외(2013)에서 제시하는 도시부 1일 교통혼잡비용은 아래의 식으로 산출함

1일교통혼잡비용

$$= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{24} \text{차종별 구간별 시간대별 교통량}_{ijk} \times \left[ \text{차종별유류비}_i \times \text{구간거리}_j \times \max(\text{운행속도 연료소모량}/km_{ij} - \text{기준속도연료소모량}/km_{ij}, 0) \right] \\ + (\text{시간당운행비}_i + \text{차종별 평균시간가치비용}_f) \times (\text{운행시간}_j - \text{기준운행시간}_j)$$

여기서,  $i$  : 차종(승용차, 버스, 화물차)

$j$  : 구간( $j=1, \dots$ , 도시별 분석 가로 수)

$k$  : 시간대( $k=1, \dots, 24$ )

12) 1996년부터 교통혼잡비용 추정 시 고정비를 포함하는 경우와 제외하는 경우의 두 가지로 구분하여 측정하고 있음. 본 연구에서는 조한선 외(2013)에서 제시하는 바와 같은 고정비를 제외한 교통혼잡비용을 산정함.

- 본 연구에서는 앞에서 산출한 이동성 지표와 신뢰성 지표를 활용하여 다음과 같은 식으로 산출함

$$\begin{aligned}
 & \text{1일교통혼잡비용} \\
 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^n \text{구간별 차종별 비율}_{ij} \\
 & \times \left[ (\text{차종별 시간당 유티비}_i + \text{시간당 운행비}_i) \times \text{혼잡차량통행지체}_j \right] \\
 & \quad + \text{차종별 평균시간가치비용}_i \times \text{혼잡여객통행지체}_j
 \end{aligned}$$

여기서,  $i$  : 차종(승용차, 버스, 화물차)

$j$  : 구간( $j=1, \dots$ , 도시별 분석 가로 수)

- 위와 같은 방법으로 산출한 부천시의 (2012년)연간 교통혼잡비용은 923억원으로 산출<sup>13)</sup>되었음(고정비 포함 금액)
- 조한선 외(2013)에서 추정하여 제시한 주요 대도시의 2010년 교통혼잡비용 추정치와 부천시 교통혼잡비용 추정결과를 비교한 결과, 부천시는 주요 대도시에 비하여 교통혼잡이 심각한 수준은 아닌 것으로 판단됨

<표 5-22> 전국 주요 대도시와 부천시 교통혼잡비용 비교

지역	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	부천
교통혼잡비용 (억원)	79,542	36,226	14,543	24,624	9,316	11,089	5,390	923
인구수 (천명)	10,039	3,446	2,431	2,661	1,450	1,545	1,094	869
인구당 교통혼잡비용 (십만원/인)	7.9	10.5	6.0	9.3	6.4	7.2	4.9	1.1
차량등록대수 (천대)	2,981	1,147	949	926	518	572	441	272
차량당 교통혼잡비용 (십만원/대)	26.7	31.6	15.3	26.6	18.0	19.4	12.2	3.4

자료 : 조한선 외(2013), 2010년 전국 교통혼잡비용 추정과 추이 분석, p. 60

주 : 부천시의 교통혼잡비용, 인구수, 차량등록대수는 2012년 기준 수치이며, 부천시 외 도시는 2010년 기준 추정치임.

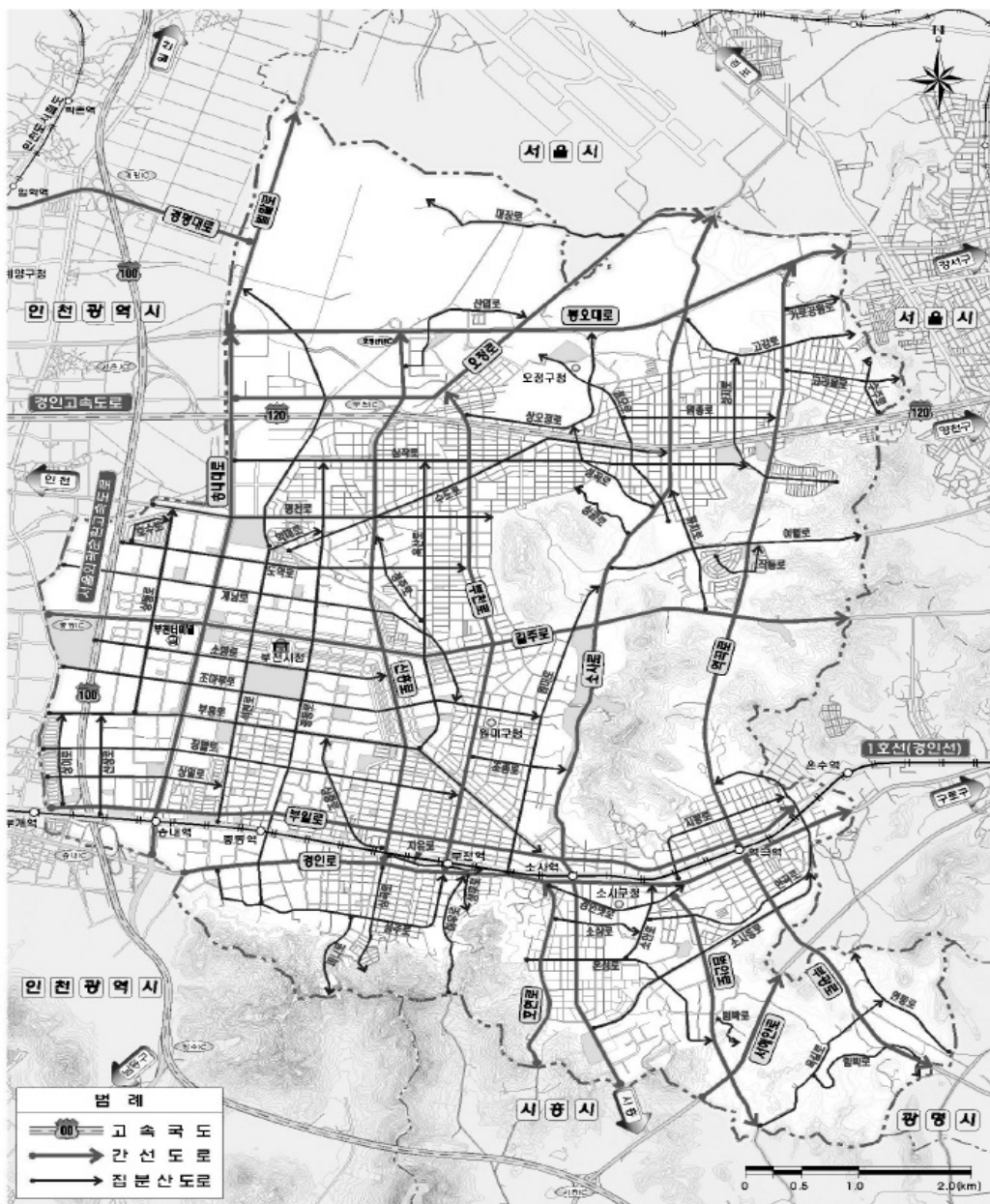
13) 『부천시 도시교통정비 기본계획(부천시, 2012)』에서는 「전국 교통혼잡비용 산출과 추이 분석(KOTI, 각 연도)」 중 연도별 서울시, 인천시 차량당 평균혼잡비용을 적용하여 2009년 이후 차량당 평균혼잡비용 추세를 적용하여 2011년 부천시 교통혼잡비용을 7,104억원/년으로 예측한바 있음.



## 5. 자동차부문 교통망성능평가

### 가. 대상도시(부천시) 교통망성능평가

- 본 연구에서 개별 링크 교통상태(Traffic Condition) Data를 가공하여 산출한 자동차부문 교통망성능평가 지표로 부천시 교통망을 진단하고 개선이 필요한 곳을 검토하고자 함



<그림 5-19> 부천시 도로망 총괄도



- 이동성 지표 중 연평균교통량(AADT)으로 부천시 내 교통망의 링크 교통량 상황을 살펴보면 송내대로의 교통량이 매우 많고 길주로의 교통량도 다소 많은 것을 알 수 있음



- 부천시 내 교통망의 평균적인 서비스수준(LOS)은 'C'로 평균적으로는 양호한 것으로 나타남
  - 특히, 길주로는 교통축 평균 LOS가 'D'로 부천시 전체 평균 보다 낮은 수준임

<표 5-23> 도로축별 LOS 산출 결과

도로명	LOS	도로명	LOS	도로명	LOS	도로명	LOS
봉오대로	A	송내대로	C	소사로	C	경인로	B
신흥로	C	부흥로	C	역곡로	C	성주로	C
부천로	B	길주로	D	상동로	C	범안로	B
중동로	C	석천로	B	수도로	C	오정로	C
부일로	C	평천로	B	삼작로	C	전체평균	C



<그림 5-20> 서비스수준(LOS)

- 혼잡 차량통행지체를 기준으로 살펴볼 때 송내대로, 중동로, 부일로, 길주로 일부 구간의 혼잡이 심각한 것으로 나타남



<그림 5-21> 혼잡 차량통행지체(대·시)



<그림 5-22> TTI

- 상기한 송내대로, 중동로, 부일로, 길주로 일부 구간의 통행시간지수(TTI)를 살펴보면 이들 구간에서는 TTI가 3.0을 초과하는데, 이는 첨두시에 자유통행속도 상태로 통행할 때 보다 3 배 이상의 시간이 소요되는 것을 의미함
- 성능평가지표를 활용하여 부천시 교통망을 진단한 결과 원미구 중동, 중1·2·3·4동, 심곡1·2·3동 일대의 중동로, 송내대로 남부, 석천로, 부일로, 길주로의 지체가 심각한 것으로 분석됨
- 이들 구간에서는 첨두시간대 자유통행속도 통행시간의 3배 이상이 소요되는 상습정체구간임
- 부천시는 교통망 개선 계획 수립 시 이들 지역을 중점적으로 재검토 할 필요가 있을 것으로 판단됨

## 나. 교통망성능평가지표 검토

- 전문가 설문조사를 통해 선정된 지표는 대부분 통행속도 기반 지표이며, 이는 도심부 교통량 Data 수집의 어려움이 반영된 결과로 판단됨
- 본 연구에서는 교통량조사 Data를 활용하여 통행속도와 교통량을 모두 고려한 지표를 산출하였음
  - 교통량조사 Data와 공간통계기법을 활용하여 교통량Data가 수집되지 않는 구간의 교통량을 추정하였음
  - 교통량 추정으로 통행속도Data가 수집되는 모든 링크(421개)의 통행속도·통행시간·교통량기반 지표를 산출하였음
- 통행속도Data 수집 링크 421개 대상 주요 지표 산출 결과는 <표 5-24>와 같음
  - AADT(대/일): 연평균일교통량
    - 각 링크의 AADT(연평균일교통량)는 최소 2,686 대/일에서 최대 52,511 대/일까지 분포하며, 평균 17,689 대/일로 나타남
    - AADT는 10,000~20,000 대/일 사이의 링크가 195개(46.3%)로 가장 많았으며, 이 링크들의 차로당 AADT는 평균 6,559 대/일/lane, 평균 혼잡율은 2.50으로 AADT 40,000 대/일 이하의 링크 중에서 평균혼잡율이 다소 높은 편으로 나타남. 또한 이 링크들에서 교통혼잡비용이 발생함
  - 차로당 AADT(대/일/lane): 연평균일교통량을 차로수로 나눈 값
    - 각 링크의 차로당 AADT는 최소 1,091 대/일/lane에서 최대 39,200 대/일/lane까지 분포하며, 평균 6,999 대/일/lane로 나타남
    - 부천시 내 도로(속도Data가 수집되는 421개 링크 대상)의 대부분은 차로당 AADT가 5,000~10,000 대/일/lane에 분포하는데, 차로당 AADT가 높은 링크보다 평균혼잡율이 높은 것으로 나타남
    - 일반적으로 교통량이 많은 링크에서 혼잡이 많이 발생하는데, 부천시는 교통량이 많은 곳보다 AADT 10,000~20,000 대/일, 차로당 AADT 5,000~10,000 대/일/lane인 링크에서 혼잡<sup>14)</sup>이 많이 발생함
    - 이로 미루어보아 부천시의 1일 중 시간대별 변화가 큰데서 기인하며, 혼잡상태 및 혼잡으로 인한 문제점은 첨두시에 집중된다는 것을 알 수 있음

14) 여기에서 혼잡을 가늠하는 지표는 (평균)혼잡율과 (평균)TTI인데, 이 두 지표는 자유속도상태 대비 첨두시의 변화를 나타내는 지표임.

- 지체시간(초): 자유통행속도 통행시 통행시간 대비 첨두시간대 추가로 소요되는 통행시간
- 지체시간은 링크당 최대 약 10분(644초), 평균 1.73분(104초)으로 나타남

- 차량통행지체(대시): 자유통행속도 통행시 통행시간 대비 첨두시간대 추가로 소요되는 통행시간으로, 교통량 가중 지체시간을 의미하며 아래 식으로 산출함

$$\left(\frac{Daily\ VKT}{Speed}\right) - \left(\frac{Daily\ VKT}{Free\ Flow\ Speed}\right)$$

- 차량통행지체는 링크당 최대 1,173 대시, 평균 113 대시로 나타남
- 혼잡율: 자유통행속도 통행시 통행시간 대비 첨두시간대 소요되는 통행시간의 비율
- 부천시 내 평균 혼잡율은 2.41이고 링크 중 77% 이상의 도로링크가 혼잡율 1.0~3.0 범위에 해당하는 것으로 나타남
- 그러나 이들 링크의 차로당 AADT는 약 7,000대/일 정도로 부천시 내 도로는 첨두시간대 집중률이 높고, 교통혼잡은 첨두시간대에 발생하는 것을 알 수 있음
- 통행시간지수(TTI, Travel Time Index): 자유통행속도 통행시 통행시간 대비 첨두시간대 소요되는 통행시간의 비율로, 교통량 가중 혼잡율을 의미하며 아래 식으로 산출함

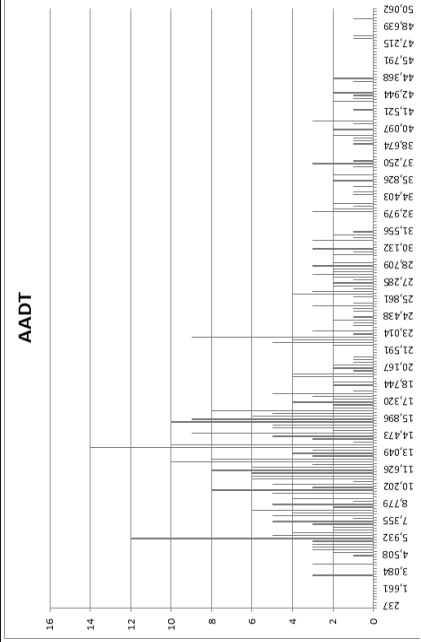
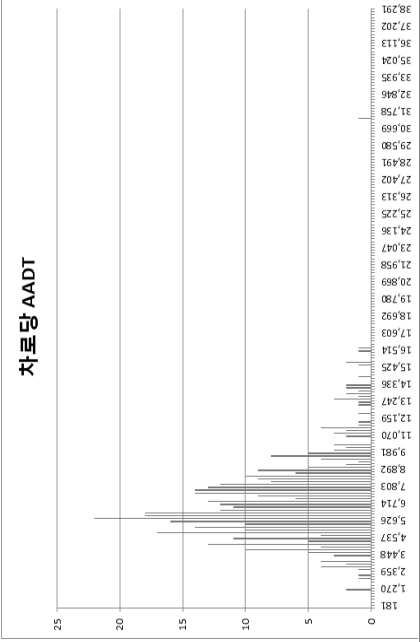
$$\left\{ \left( \left[ \frac{Daily\ VKT}{Speed} \right] - \left[ \frac{Daily\ VKT}{Free\ Flow\ Speed} \right] \right) + \left( \frac{1}{Free\ Flow\ Travel\ Speed} \times Daily\ VKT \right) \right\} \\ \times Percent\ of\ VMT\ during\ the\ Peak \ / \left[ \frac{Daily\ VKT}{Free\ Flow\ Speed} \right]$$

- 통행시간지수(TTI)의 링크별 분포는 혼잡율과 유사하며, 부천시 내 평균 TTI는 2.34로 개별 차량이 첨두시간대 통행 시 자유통행상태 통행시간 대비 2.34배의 통행시간이 소요됨을 알 수 있음
- 서비스수준(LOS): 『도시용량편람』의 ‘도시 간선도로’ 기준 산출한 서비스수준으로서, 자유통행속도와 평균통행속도만으로 산출한 결과임
- 부천시 내 도로의 평균적인 서비스수준은 ‘C’로 평균통행속도만으로는 서비스 수준이 다소 양호한 것으로 나타남
- 교통혼잡비용(억원/년): 교통혼잡으로 인해 추가로 소비된 연료비용, 운행비용, 시간비용의 합
- 부천시 내 교통혼잡비용은 약 901억원/년으로 주요 대도시에 비해서 교통혼잡비용이 높은

편이 아님(본 연구 '4.자동차부문 교통망성능평가 지표 산출 라.교통시스템 전반 측면 교통망성능평가 지표' 참고)

- 부천시 내 도로는 1일 중 첨두시간대 집중율이 다소 높은 특징을 나타내며, 오전첨두와 오후 첨두의 방향별 집중률 편차가 다소 큰 것으로 나타남
  - 첨두시간대 인근 대도시인 서울 및 인천으로의 통행으로 인한 혼잡이 발생하며, 이는 AADT는 다소 크지 않는 반면 AADT에 비하여 혼잡율이나 TTI가 다소 높은 점으로 미루어보아 알 수 있음
- 첨두시간대 교통량 집중 해소 및 완화를 위해 새로운 도로를 추가 공급하는 것보다는 교통 수요관리 기법을 도입하는 것이 효율적일 것으로 판단됨
  - 부천시는 주변 지역에 비하여 승용차 요일제 참여율이 저조한데(부천시, 2012), 승용차 요일제 참여율을 높여 승용차의 통행감소를 유도하여 첨두시간대 교통량 집중 현상을 완화할 수 있을 것으로 판단됨

<표 5-24> 자동차부문 주요 교통망성능가지표 산출결과

구분	본포	산출결과		타 지표의 산출 범위(평균값, 교통혼잡비용은 합계)							
		범위	개수	평균AADT (대/일)	평균 차로당AADT (대/일/lane)	총지체시간 (초)	총차량통행지 체 (대·시)	평균 혼잡율 (%)	평균 TTI	교통혼잡 비용 (원/년)	
AADT (대/일)		10,000 미만	96	7,016	4,793	9,854	4,284	2.25	2.20	93.22	
		10,000~20,000	195	14,279	6,559	23,547	21,695	2.50	2.43	342.90	
		20,000~30,000	74	24,900	8,655	6,164	10,113	2.33	2.24	229.63	
		30,000~40,000	36	34,807	10,636	2,547	5,902	2.37	2.29	87.54	
		40,000~50,000	17	43,375	8,995	1,596	4,738	2.56	2.52	142.56	
		50,000 이상	3	51,967	10,393	216	773	2.62	2.59	5.24	
	계		421	17,689	6,999	43,924	47,506	2.41	2.34	901.10	
차로당AADT (대/일/lane)		5,000 미만	95	9,699	4,016	8,368	5,444	2.20	2.14	102.34	
		5,000~10,000	283	18,835	6,999	31,992	36,557	2.52	2.45	760.50	
		10,000~20,000	41	27,435	12,537	3,513	5,391	2.14	2.03	38.26	
		20,000~30,000	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		30,000 이상	2	35,213	35,213	50	114	1.80	1.73	0.00	
		계	421	17,689	6,999	43,924	47,506	2.41	2.34	901.10	

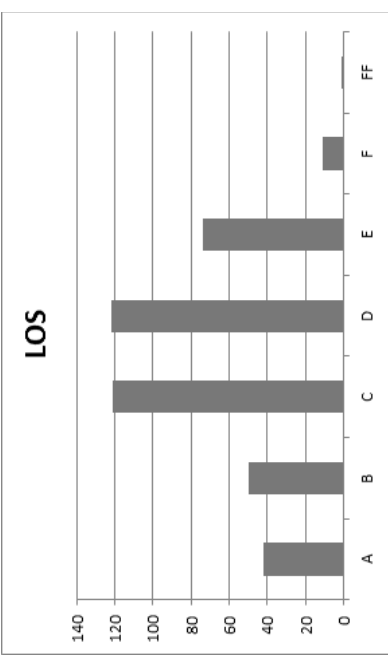






<표 계속>

구분	산출결과		타 지표의 산출 범위(평균값, 교통혼잡비용은 합계)						
	범위	개수	평균AADT (대/일)	평균 차로당AADT (대/일/lane)	총지체시간 (초)	총지량통행지 체 (대·시)	평균 혼잡율 (%)	평균 TTI	교통혼잡 비용 (원/년)
LOS	A	42	13,557	6,289	405	223	1.08	1.05	0.00
	B	50	18,727	6,528	1,666	1,891	1.48	1.44	0.00
	C	121	18,339	7,619	9,796	9,923	1.91	1.83	0.11
	D	122	17,437	6,984	14,085	14,261	2.57	2.49	42.01
	E	74	18,930	6,766	14,718	17,757	3.80	3.70	619.36
	F	11	17,093	6,859	2,843	3,254	5.49	5.46	222.29
	FF	1	6,021	6,021	409	196	7.75	8.74	17.34
	계	421	17,689	6,999	43,924	47,506	2.41	2.34	901.10



주 : 상기한 지표 산출결과 는 주중평균값임.

- 교통량과 통행속도Data가 확보되었을 때 산출 가능한 교통망성능평가지표는 다음과 같은 특징을 나타냄
  - 통행속도Data만으로 산출된 지표는 개별 링크 및 특정 교통시스템에서 개별 차량 및 통행자들이 해당 시설을 이용하면서 서비스 수혜 결과로 볼 수 있음
  - 즉, 이는 개별 차량 및 통행자들이 개별 링크를 통행하면서 소요될 통행시간의 기댓값으로 시스템 전체의 서비스 제공 능력, 시스템 전체에서 소요되는 비용(시간비용, 운행비용) 등을 알 수 있는 직접적인 지표는 될 수 없음
  - 예를 들어, A라는 링크에서 지체시간 5초, 혼잡율 1.50일 경우, A링크를 통행하는 차량이 첨두시간대에 소요되는 평균통행시간은 자유통행상태보다 5초 더 지체되거나, 자유통행상태보다 1.5배 더 소요된다는 의미임
  - 개별 차량 및 통행자가 받게 될 평균적의 서비스의 수준을 가늠할 수는 있으나, 이러한 지표를 바탕으로 A링크에서 소요되는 교통부문으로 인한 에너지 소비량, 소요되는 시간비용을 직접적으로 알기는 어려움<sup>15)</sup>
  - 그러나 교통량을 반영한 통행시간지체나 통행시간지수(TTI) 지표는 서비스 수혜자의 수를 고려할 수 있으며, 시스템 전반적인 측면에서의 소요 비용, 에너지 소모량 등을 가늠할 수 있음
  - 본 연구에서는 차량통행지체와 여객통행지체를 이용하여 교통혼잡비용을 추정하였으며, 교통량을 반영한 교통망성능평가지표의 활용성이 더 크다는 것을 볼 수 있음
- 또한 교통량이 반영된 지표는 특정 링크의 소통상황이 좋고 나쁜 것을 나타낼 수 있을 뿐만 아니라, 통행속도가 비슷하면서 통행시간이 큰 여러 개의 교통시설 중 개선이 시급한 우선순위를 선정할 때 유용하게 사용할 수 있을 것으로 판단됨
  - 동일하게 통행속도가 낮고 통행시간이 높은 도로라도, 이용 차량이 많아서 해당 도로에서 혼잡으로 인한 사회적 비용 손실이 큰 링크에 우선적인 개선을 도입할 수 있게됨

15) 한국교통연구원에서 전국 교통혼잡비용 산출시에는 교통량 대신 차량등록대수를 이용하며, 하루 중 첨두시간대 통행집중률을 곱하여 혼잡비용을 추정함

## 제4절 대중교통부문 교통망성능평가 지표 선정 및 개발

### 1. 교통인프라 공급측면의 교통망성능평가 지표

#### 가. 대중교통 서비스 공급

- 업체수(개소) : 해당 지역 내 버스서비스 제공 업체 수
- 노선수(개) : 해당 지역 내 버스 노선의 수
- 노선당 연장(km) : 개별 버스 노선의 운행거리 총 연장
- 노선당 정류장수(개소) : 개별 버스 노선의 정류장 개수
- 노선당 정류장 평균 거리(m) : 개별 버스 노선의 정류장 간 거리의 평균
- 총 노선연장(km) : 해당 지역 내 버스 노선 운행거리의 총 연장
- 서비스공급밀도(km/인) : 해당 지역 내 인구 당 모든 버스 노선 연장
- 총 정류장수(개소) : 해당 지역 내 버스 정류장 수
- 버스정류장 간 평균 거리(m) : 해당 지역 내 버스정류장간 거리의 평균
- 노선당 보유 버스대수(대) : 개별 버스 노선 당 보유 중인 운행 가능한 버스 대수
- 노선 굴곡도 : 개별 버스 노선의 굴곡도

#### 나. 대중교통 서비스 운영

- 업체별 운행차량대수(대/일) : 해당 지역 내 버스업체가 1일 중 노선 운행에 투입한 차량 수
- 노선별 운행차량대수(대/일) : 해당 지역 내 버스 노선이 1일 중 운행에 투입한 차량 수
- 노선별 운행시간(시) : 해당 지역 내 개별 버스 노선의 1일 중 서비스 제공 시간
- 노선별 배차간격(분) : 해당 지역 내 개별 버스 노선의 배차간격(시간대별 배차간격 차별 운영시 평균 배차간격으로 산정)
- 노선별 운행횟수(회) : 해당 지역 내 개별 버스 노선이 1일 중 서비스 개시시각부터 서비스 종료시각까지 총 배차한 차량 대수
- 노선별 평균 단위운행 수 : 정류장과 정류장 간 정차하지 않는 운행 통행을 하나의 단위운

행(run)(n번째 정차와 (n+1)번째 정차 사이 운행)이라고 할 때, 해당 지역 내 개별 버스 노선의 1회 운행 중 평균 단위운행(run) 수

- 노선별 평균 단위운행 거리(m) : 개별 노선별 평균 단위운행 길이(거리)
- 서비스공급규모(km/인) : 해당 지역 내 인구 당 버스 노선의 연간운행거리km
- 서비스공급능력(좌석·km/인) : 해당 지역 내 버스 노선 연간운행거리(km)에 좌석수를 곱하여 이를 인구수로 나눈 값
- 버스 용량공급지수(인/일) : 해당 지역 내 버스의 용량을 고려한 서비스의 공급규모로서, (버스운행횟수×45인/회)의 식으로 산출함<sup>16)</sup>

#### 다. 대중교통 접근성

- 토지 면적당 정류장 개수(개/km<sup>2</sup>) : 해당 지역 내 단위 면적 당 평균 버스 정류장의 개수
- 토지 면적당 노선수(개/km<sup>2</sup>) : 해당 지역 내 단위 면적 당 평균 버스 노선의 수
- 토지 면적당 노선연장(km/km<sup>2</sup>) : 해당 지역 내 단위 면적 당 버스가 운행하는 노선의 평균 길이
- 연계 지하철 역 수(개) : 해당 지역 내 버스정류장 주변 반경 500m이내 지하철 역의 수
- 정류장 평균 접근통행 시간(분) : 해당 지역 내에서 (통행시작지점으로부터)버스정류장으로 접근하는데 까지 소요되는 평균통행시간
- 환승률(%) : 해당 지역 내 총 버스탑승수에 대한 환승 탑승 수의 비율
- 정류장 연계 주차면수(개소) : 해당 지역 내 버스정류장 주변 반경 500m이내 주차면수

16) 이신해 외(2009), “대중교통 서비스지표 산출연구(2단계)”에서 제시한 ‘대중교통 용량공급지수’는 {(버스운행횟수×45인/회)+(지하철운행횟수×160인/량×10량)}의 식으로 산출함. 본 연구에서는 대중교통 중 버스만 고려하므로, ‘대중교통 용량공급지수’를 ‘버스 용량공급지수’로 명명하기로 함.

## 2. 교통체계 이용측면의 교통망성능평가 지표

### 가. 이동성(Mobility)

#### 1) 승객수 기반 지표

- 총 승차승객수(인/일) : 해당 지역 내 1일간 버스 승차승객수의 총합
- 업체별 승차승객수(인/일) : 해당 지역 내 개별 버스 업체별 1일간 평균 승차승객수
- 노선별 승차승객수(인/일) : 해당 지역 내 개별 버스 노선별 1일간 평균 승차승객수
- 정류장별 승차승객수(인/일) : 해당 지역 내 개별 버스 정류장별 1일간 평균 승차승객수
- 업체별 차량당 평균 승차승객수(인/대·일) : 해당 지역 내 ‘업체별 승차승객수’를 ‘업체별 운행차량대수’로 나눈 값
- 노선별 차량당 평균 승차승객수(인/대·일) : 해당 지역 내 ‘노선별 승차승객수’를 ‘노선별 운행차량대수’로 나눈 값
- 노선당 구간별 평균 재차인원(인) : 해당 지역 내 개별 버스 노선의 단위운행 구간별 평균 재차인원
- 노선연장당 승객수(인/km) : 해당 지역 내 ‘총 승차승객수’를 ‘총 노선연장’으로 나눈 값

#### 2) 통행시간 기반 지표

- 노선별 총운행시간(분) : 해당 지역 내 개별 버스 노선별 1배차 차량의 평균 운행시간으로, 정류장 간(또는 단위운행, run) 운행시간과 정류장 정차시간의 총합
- 노선별 운행시간(분) : 해당 지역 내 개별 버스 노선별 1배차 차량이 정차하지 않고 운행하는 동안의 평균 운행시간으로, ‘노선별 총운행시간’에서 정차시간을 제외한 값과 같음(=정류장 간(또는 단위운행, run) 운행시간의 총합)
- 승용차 통행시간 대비 대중교통 통행시간(%) : 해당 지역 내 대중교통 기종점간 승용차 통행시 통행시간 대비 버스 평균통행시간(=노선별 총 운행시간)의 비율
- 승용차 통행시간 대비 초과시간(분) : 해당 지역 내 대중교통 기종점간 버스 평균통행시간과 승용차 통행시 통행시간의 차이

- 버스 이용 1통행당 평균이동시간(분) : 해당 지역 내 버스를 이용하는 승차자들의 개별 버스 이용시간(승차시간과 하차시간의 차이)의 평균
- 노선별 VHT(대·시/일) : 해당 지역 내 1일간 노선별 버스 운행시간의 총합
- 버스 VHT(대·시/일) : 해당 지역 내 모든 버스의 1일간 운행시간의 총합
- 노선별 승객통행시간(PHT)(인·시/일) : 해당 지역 내 1일간 버스 승차승객의 통행시간의 총합

### 3) 통행속도 기반 지표

- 노선별 통행속도(km/h) : 해당 지역 내 버스 노선별 정류장 간(또는 단위운행 구간의) 평균 통행속도로, 아래 식의 방법으로 산정

$$\frac{i\text{정류장(역)} - (i+1)\text{정류장/역(간) 거리}}{(i+1)\text{정류장(역) 출발시각} - i\text{정류장(역) 출발시각}}$$

- 노선별 평균운행속도(km/h) : 해당 지역 내 버스 노선별 버스차량이 정차하지 않고 운행하는 동안의 평균속도로, (실제운행거리/운행시간)으로 산정함(여기에서 운행시간은 정차시간을 제외한 ‘노선별 운행시간’임)
- 노선별 표정속도(km/h) : 해당 지역 내 버스 노선별 서비스 제공하는 동안의 평균 속도로, 기종점간의 거리를 총 운행시간으로 나눈 값(총 운행시간은 정차시간이 포함된 값임)
- 버스 평균 통행속도(km/h) : 해당 지역 내 모든 버스의 평균 통행속도

### 4) 이동거리 기반 지표

- 버스 이용 1통행당 평균이동거리(km/일) : 해당 지역 내 버스를 이용하는 승차자들의 개별 승차지점과 하차지점 간 거리의 평균
- 노선별 차량운행거리(대·km/일) : 해당 지역 내 개별 노선별 1일간 운행거리의 총합
- 노선별 승객통행거리(인·km/일) : 해당 지역 내 개별 노선별 1일간 승객이 버스로 통행한거리의 총합
- 버스 차량운행거리(대·km/일) : 해당 지역 내 1일간 버스 운행거리의 총합으로, 모든 노선의 ‘노선별 차량운행거리’의 총합

### 나. 신뢰성(Reliability)

#### 1) 정시성

- 노선별 정류장별 정시성 : 해당 지역 내 버스 노선별 정류장별 차두시간(배차간격)의 표준편차를 차두시간(배차간격)의 평균으로 나눈 값으로, 배차간격분산계수라고도 함
- 노선별 정시배차율(%) : 해당 지역 내 노선별 운행차량대수 중 기준배차간격을 준수하여 배차한 차량의 비율

#### 2) 차내혼잡도

- 노선별 혼잡율(%) : 해당 지역 내 버스 노선별 총 버스 용량 대비 재차인원의 비율
- 노선별 최대재차인원(인) : 해당 지역 내 버스 노선별 ‘노선당 구간별 평균 재차인원’ 중 최대값을 갖는 구간의 최대재차인원

#### 3) 쾌적·편리성

- 노선별 차내쾌적성 : 해당 지역 내 버스 차량 1대당 좌석수 대비 평균 승객수
- 승차안락성 : 해당 지역 내 버스타승객의 차내 안락도를 의미하는 것으로, ‘노선별 혼잡율’의 전 노선 평균값으로 산정

## 3. 교통시스템전반측면의 교통망성능평가 지표

### 가. 운영 효율성

- 버스 운행비용(원/일) : 해당 지역 내 평균 버스 운행비용
- 버스 운행원가(원/km) : 해당 지역 내 버스의 평균 운행원가
- 버스 운행원가 대비 실소요비용(%) : 해당 지역 내 버스의 평균 운행원가 대비 실제 투입되는 비용의 비율

### 나. 생산성

- 운행생산성(인/km) : 노선 규모 대비 승객수로, (총승차승객수/총노선연장)으로 산정
- 노선별 운임수입(원/일) : 해당 지역 내 버스 노선별 요금 수입
- 총 운임수입(원/일) : 해당 지역 내 버스 요금 수입의 총합



&lt;표 5-25&gt; 대중교통부문 교통망성능평가 지표 Pool

분류	대중교통망 성능평가지표 세부지표	
교통 인프라 공급	대중 교통 서비스 공급	<b>- 서비스 공급</b> · 업체수(개소) · 노선수(개) · 노선당 연장(km) · 노선당 정류장수(개소) · 노선당 정류장 평균 거리(m) · 총 노선연장(km)
		· 서비스공급밀도(km/인) · 총 정류장수(개소) · 버스정류장 간 평균 거리(m) · 노선당 보유 버스대수(대) · 노선 굴곡도
		<b>- 서비스 운영</b> · 업체별 운행차량대수(대/일) · 노선별 운행차량대수(대/일) · 노선별 서비스 제공 시간(시) · 노선별 배차간격(분) · 노선별 운행횟수(회)
교통 체계 이용	이동성	· 노선별 평균 단위운행(run) 수 · 노선별 평균 단위운행 거리(m) · 서비스공급규모(km/인) · 서비스공급능력(좌석·km/인) · 버스 용량공급지수(인/일)
		<b>- 접근성</b> · 토지 면적당 정류장 개수(개/km <sup>2</sup> ) · 토지 면적당 노선수(개/km <sup>2</sup> ) · 토지 면적당 노선연장(km/km <sup>2</sup> ) · 연계 지하철 역수(개)
		· 정류장 평균 접근통행 시간(분) · 환승률(%) · 정류장 연계 주차면수(개소)
		<b>- 승객수</b> · 총 승차승객수(인/일) · 업체별 승차승객수(인/일) · 노선별 승차승객수(인/일) · 정류장별 승차승객수(인/일)
		· 업체별 차량당 평균 승차승객수(인/대일) · 노선별 차량당 평균 승차승객수(인/대일) · 노선당 구간별 평균 재차인원(인) · 노선연장당 승객수(인/km)
	신뢰성	<b>- 통행시간</b> · 노선별 총운행시간(분) · 노선별 운행시간(분) · 승용차 통행시간 대비 대중교통 통행시간(%) · 승용차 통행시간 대비 초과시간(분)
		· 버스 이용 1통행당 평균이동시간(분) · 노선별 VHT(대·시/일) · 버스 VHT(대·시/일) · 노선별 승객통행시간(PHT)(인·시/일)
		<b>- 통행속도</b> · 노선별 통행속도(km/h) · 노선별 평균운행속도(km/h)
		· 노선별 표정속도(km/h) · 버스 평균 통행속도(km/h)
		<b>- 이동거리</b> · 버스 이용 1통행당 평균이동거리(km/일) · 노선별 차량운행거리(대·km/일)
교통 시스템 전반	운영 효율성	· 노선별 승객통행거리(인·km/일) · 버스 차량운행거리(대·km/일)
	생산성	· 버스 운행비용(원/일) · 버스 운행원가(원/km)
		· 버스 운행원가 대비 실소요비용(%)
	신뢰성	<b>- 정시성</b> · 노선별 정류장별 정시성(=배차간격분산계수) · 노선별 정시배차율(%)
		<b>- 차내혼잡도</b> · 노선별 혼잡율(%) · 노선별 최대재차인원(인)
교통 시스템 전반	생산성	<b>- 쾌적·편리성</b> · 노선별 차내쾌적성 · 승차 안락성
		· 총 운임수입(원/일) · 노선별 운임수입(원/일)

#### 4. 대중교통부문 교통망성능평가 지표 선정

- 대중교통부문 교통망성능평가 지표는 자동차부문 교통망성능평가 지표를 선정하는 방법과 같이 전문가 설문조사를 통해 선정하였으며, 구체적인 방법은 2절의 ‘4. 자동차부문 교통망성능평가 지표 선정’의 내용과 같음

##### 1) 지표 평가 요건항목 가중치 선정

- 대중교통부문 교통망성능평가 지표 선정을 위해 전문가 대상 설문조사 시행 결과 기본 요건들의 가중치는 적합성(합목적성), 산출용이성, 갱신가능성, 비교가능성의 순으로 나타났음

<표 5-26> 대중교통부문 교통망성능평가 지표 기준 요건들의 가중치분석결과

평가집단	구분	적합성	산출용이성	갱신가능성	비교가능성
산업계	산술평균	0.2857	0.2571	0.2286	0.2286
	순 위	1	2	3	3
	기하평균	0.2857	0.2571	0.2286	0.2286
	순 위	1	2	3	3
학 계	산술평균	0.2807	0.2456	0.2456	0.2281
	순 위	1	2	2	4
	기하평균	0.2835	0.2536	0.2315	0.2315
	순 위	1	2	3	3
연구소	산술평균	0.6324	0.1265	0.1146	0.1265
	순 위	1	2	4	2
	기하평균	0.5356	0.1607	0.1446	0.1591
	순 위	1	2	4	3
관(정부)	산술평균	0.2647	0.2941	0.2353	0.2059
	순 위	2	1	3	4
	기하평균	0.2647	0.2941	0.2353	0.2059
	순 위	2	1	3	4
전 체	산술평균	0.4554	0.1941	0.1762	0.1743
	순 위	1	2	3	4
	기하평균	0.3582	0.2310	0.2044	0.2064
	순 위	1	2	4	3

##### 2) 지표의 평가 결과

- 전문가 설문조사 결과 교통망성능평가 지표별 기본 요건에 대한 평가 결과는 아래 <표 5-27>과 같음

&lt;표 5-27&gt; 기본 요건별 대중교통부문 교통망성능평가 지표 평가결과

구분	교통망성능평가 지표	적합성	산출 용이성	갱신 가능성	비교 가능성
	지표명				
1	업체수(개소)	3.33	4.50	4.33	3.50
2	노선수(개)	4.33	4.17	4.33	3.83
3	노선당 연장(km)	3.50	4.33	3.83	3.33
4	노선당 정류장수(개소)	2.67	4.00	4.00	3.33
5	노선당 정류장 평균 거리(m)	3.50	4.17	4.00	3.33
6	총 노선연장(km)	4.00	4.00	4.00	3.67
7	서비스공급밀도(km/인)	4.33	3.83	3.83	4.33
8	총 정류장수(개소)	3.33	4.00	3.83	3.50
9	버스정류장 간 평균 거리(m)	3.50	3.83	3.83	3.50
10	노선당 보유 버스대수(대)	2.50	3.83	3.83	3.33
11	노선굴곡도	2.33	2.67	2.83	3.67
12	업체별 운행차량대수(대/일)	3.50	4.33	4.00	4.17
13	노선별 운행차량대수(대/일)	4.00	4.17	4.00	4.17
14	노선별 서비스 제공 시간(시)	3.33	3.67	3.67	4.00
15	노선별 배차간격(분)	4.17	4.00	4.17	3.83
16	노선별 운행횟수(회)	4.00	4.33	4.17	3.83
17	노선별 평균 단위운행(run) 수	3.00	3.17	3.00	3.00
18	노선별 평균 단위운행(run) 거리(m)	2.83	2.67	2.67	2.50
19	서비스공급규모(km/인)	4.00	3.33	3.17	3.83
20	서비스공급능력(좌석·km/인)	3.50	3.50	3.50	3.83
21	대중교통 용량공급지수	4.67	3.83	3.67	4.17
22	토지 면적당 정류장 개수(개/km <sup>2</sup> )	3.83	3.50	3.50	3.83
23	토지 면적당 노선수(개/km <sup>2</sup> )	3.33	3.50	3.33	3.33
24	토지 면적당 노선연장(km/km <sup>2</sup> )	3.50	3.33	3.33	3.67
25	연계 지하철 역수(개)	3.33	3.83	3.83	3.67
26	정류장 평균 접근통행 시간(분)	4.00	3.00	3.00	3.83
27	환승률(%)	3.33	3.50	3.33	3.00
28	정류장 연계 주차면수(개소)	3.33	3.17	3.00	3.17
29	총 승차승객수(인/일)	4.17	4.50	4.67	4.00
30	업체별 승차승객수(인/일)	3.33	3.00	3.17	3.00
31	노선별 승차승객수(인/일)	4.00	4.17	4.17	3.83
32	정류장별 승차승객수(인/일)	4.00	4.50	4.50	4.17
33	업체별 차량당 평균 승차승객수(인/대)	3.33	3.00	3.00	2.83
34	노선별 차량당 평균 승차승객수(인/대)	3.67	3.50	3.33	3.67
35	노선당 구간별 평균 재차인원(인)	3.67	2.83	2.83	3.33
36	노선연장당 승객수(인/km)	4.17	3.83	3.83	4.17

## &lt;표 계속&gt;

교통망성능평가 지표		적합성	산출 용이성	갱신 가능성	비교 가능성
구분	지표명				
37	노선별 총 운행시간(분)	3.50	4.00	3.83	3.33
38	노선별 운행시간(분)	3.50	3.83	3.83	3.67
39	승용차 통행시간 대비 대중교통 통행시간(%)	3.83	2.83	2.83	3.83
40	승용차 통행시간 대비 초과시간(분)	3.00	2.17	2.17	2.83
41	버스 이용 1통행당 평균이동시간(분)	2.67	3.17	3.00	2.67
42	노선별 VHT(대·시/일)	3.17	3.17	3.17	3.33
43	버스 VHT(대·시/일)	3.00	3.17	3.17	3.50
44	노선별 승객통행시간(PHT)(인·시/일)	2.67	2.83	2.83	2.83
45	노선별 통행속도(km/h)	3.67	3.33	3.50	4.17
46	노선별 평균 운행속도(km/h)	4.17	3.67	3.67	4.33
47	노선별 표정속도(km/h)	4.33	4.00	3.83	4.67
48	버스 평균 통행속도(km/h)	4.33	3.33	3.33	4.50
49	버스 이용 1통행당 평균이동거리(m)	3.33	2.67	2.67	3.00
50	노선별 차량운행거리(대·km/일)	3.17	3.17	3.33	3.50
51	노선별 승객통행거리(인·km/일)	3.50	3.17	2.83	3.83
52	버스 차량운행거리(VKT)(대·km/일)	4.33	3.83	3.67	4.33
53	노선별 정류장별 정시성(배차간격분산계수)	4.50	2.50	2.50	4.33
54	노선별 정시배차율(%)	4.33	2.83	2.83	3.83
55	노선별 혼잡율(%)	3.67	2.33	2.33	4.00
56	노선별 최대재차인원(인)	3.33	3.17	3.17	3.00
57	노선별 차내쾌적성	3.50	2.00	2.00	2.67
58	승차안락성	2.17	1.50	1.67	2.17
59	버스 운행비용(원/일)	3.50	2.83	2.83	3.67
60	버스 운행원가(원/일)	3.33	2.83	2.83	3.50
61	버스 운행원가 대비 실소요비용(%)	2.67	2.50	2.50	2.67
62	운행생산성(인/km)	3.50	3.00	2.83	3.00
63	노선별 운임수입(원/일)	2.83	3.17	2.83	2.83
64	총 운임수입(원/일)	2.83	3.00	2.67	2.67

주 : 위에 제시된 점수는 기본 요건별 개별 교통망성능평가 지표에 대한 유용성을 ①전혀 유용하지 않다, ②유용하지 않다, ③보통이다, ④유용하다, ⑤매우 유용하다 등 5점 척도로 표시한 것임.

- 전문가들의 기본 요건에 대한 가중치와 교통망성능평가 지표에 대한 평가점수를 개별 기본 요건에 대한 단일속성 효용함수( $U_i(x_i)$ ) 값으로 변환하여 종합화함

- 대중교통부문 교통망성능평가 지표에 대한 전문가들의 종합화된 평가 결과는 다음과 같음
  - 교통인프라공급 부문 서비스 공급 지표는 노선수, 서비스공급밀도, 총노선연장, 업체수, 노선당연장 순으로 집계(상위 5개 지표만 기술함)되었음
  - 교통인프라공급 부문 서비스 운영 지표는 버스 용량공급지수, 노선별 배차간격, 노선별 운행횟수, 노선별 운행차량대수, 업체별 운행차량대수 순으로 집계(상위 5개 지표만 기술함)되었음
  - 교통인프라공급 부문 접근성 지표는 토지면적당 정류장 개수, 정류장 평균 접근통행 시간, 연계 지하철 역수, 토지 면적당 노선연장, 토지 면적당 노선수 순으로 집계(상위 5개 지표만 기술함)되었음
  - 교통체계 이용 부문 이동성 지표는 총 승차승객수, 노선별 표정속도, 정류장별 승차승객수, 버스 차량운행거리, 노선연장당 승객수 순으로 집계(상위 5개 지표만 기술함)되었음
  - 교통체계 이용 부문 신뢰성 지표는 노선별 정류장별 정시성(배차간격분산계수), 노선별 정시배차율, 노선별 혼잡율, 노선별 최대채차인원, 노선별 차내쾌적성 순으로 집계(상위 5개 지표만 기술함)되었음
  - 교통체계시스템전반 부문 지표는 버스 운행비용, 운행생산성, 버스 운행원가, 노선별 운임수입, 총운임수입 순으로 집계(상위 5개 지표만 기술함)되었음

&lt;표 5-28&gt; 대중교통부문 교통망성능평가의 종합화된 평가결과

교통망성능평가 지표		산업계	학계	연구소	관 (정부)	전 체
1	업체수(개소)	62.8571	71.2719	62.0553	82.3529	69.1254
2	노선수(개)	63.5714	83.9912	81.1759	94.8529	80.3465
3	노선당 연장(km)	63.5714	71.4912	67.0949	63.2353	67.2855
4	노선당 정류장수(개소)	50.0000	58.1140	48.1225	88.2353	56.9142
5	노선당 정류장 평균 거리(m)	75.0000	56.1404	59.0415	88.9706	67.2112
6	총 노선연장(km)	69.2857	71.4912	98.4190	31.6176	73.5479
7	서비스공급밀도(km/인)	87.8571	81.3596	89.0810	31.6176	78.7046
8	총 정류장수(개소)	75.0000	72.1491	56.0277	55.8824	64.4967
9	버스정류장 간 평균 거리(m)	75.0000	56.1404	57.6087	81.6176	65.5858
10	노선당 보유 버스대수(대)	50.0000	71.2719	45.1087	55.1471	53.4736
11	노선굴곡도	80.7143	15.3509	54.7431	47.7941	42.9620
12	업체별 운행차량대수(대/일)	67.8571	83.9912	48.2708	94.1176	71.6502

## &lt;표 계속&gt;

교통망성능평가 지표		산업계	학계	연구소	관 (정부)	전 체
13	노선별 운행차량대수(대/일)	75.0000	83.9912	62.5000	94.1176	76.5347
14	노선별 서비스 제공 시간(시)	82.1429	58.3333	51.5810	93.3824	64.3234
15	노선별 배차간격(분)	94.2857	72.1491	60.9190	100.0000	76.9059
16	노선별 운행횟수(회)	88.5714	68.6404	65.5138	100.0000	76.6254
17	노선별 평균 단위운행(run) 수	57.1429	62.7193	40.6621	39.7059	50.8086
18	노선별 평균 단위운행(run) 거리(m)	57.1429	47.1491	37.5000	25.0000	42.8383
19	서비스공급규모(km/인)	82.1429	68.8596	73.5672	25.7353	67.3680
20	서비스공급능력(좌석·km/인)	62.8571	75.0000	61.0672	56.6176	63.9521
21	대중교통 용량공급지수	62.8571	91.0088	81.4723	70.5882	81.0396
22	토지 면적당 정류장 개수(개/km <sup>2</sup> )	62.8571	68.6404	86.0672	31.6176	67.7475
23	토지 면적당 노선수(개/km <sup>2</sup> )	75.0000	62.2807	71.9862	19.1176	59.1419
24	토지 면적당 노선연장(km/km <sup>2</sup> )	82.1429	52.6316	75.1482	31.6176	61.6832
25	연계 지하철 역수(개)	75.0000	43.6404	67.0949	93.3824	64.4142
26	정류장 평균 접근통행 시간(분)	75.7143	31.1404	83.3498	100.0000	65.0165
27	환승률(%)	75.0000	72.1491	28.0138	63.9706	57.6898
28	정류장 연계 주차면수(개소)	75.0000	25.2193	68.5277	50.7353	55.3300
29	총 승차승객수(인/일)	69.2857	81.1404	81.0277	92.6471	82.2607
30	업체별 승차승객수(인/일)	50.0000	68.6404	38.9328	47.7941	54.5297
31	노선별 승차승객수(인/일)	67.8571	72.1491	78.0138	81.6176	75.8168
32	정류장별 승차승객수(인/일)	67.8571	72.1491	82.6087	100.0000	80.3548
33	업체별 차량당 평균 승차승객수(인/대)	50.0000	47.1491	50.0000	63.2353	53.0693
34	노선별 차량당 평균 승차승객수(인/대)	67.8571	66.0088	51.5810	75.7353	64.3894
35	노선당 구간별 평균 재차인원(인)	62.8571	50.0000	59.4862	50.0000	57.5000
36	노선연장당 승객수(인/km)	80.7143	68.6404	89.0810	50.0000	76.0809
37	노선별 총 운행시간(분)	93.5714	65.1316	48.1225	59.5588	65.6683
38	노선별 운행시간(분)	75.0000	68.6404	46.6897	81.6176	66.3119
39	승용차 통행시간 대비 대중교통 통행시간(%)	87.8571	50.0000	64.5257	56.6176	61.5759
40	승용차 통행시간 대비 초과시간(분)	75.0000	34.8684	51.8775	5.1471	41.5594
41	버스 이용 1통행당 평균이동시간(분)	57.1429	43.4211	37.5000	62.5000	45.5611
42	노선별 VHT(대·시/일)	75.0000	59.6491	43.9723	61.7647	54.8927
43	버스 VHT(대·시/일)	80.7143	62.5000	34.4862	61.7647	53.7211
44	노선별 승객통행시간(PHT)(인·시/일)	75.0000	43.6404	34.4862	43.3824	43.9356

## &lt;표 계속&gt;

교통망성능평가 지표		산업계	학계	연구소	관 (정부)	전 체
45	노선별 통행속도(km/h)	80.7143	56.3596	62.5000	80.1471	66.4934
46	노선별 평균 운행속도(km/h)	80.7143	69.0789	62.5000	100.0000	75.2640
47	노선별 표정속도(km/h)	87.8571	75.2193	67.2431	100.0000	80.9653
48	버스 평균 통행속도(km/h)	80.7143	69.0789	65.9585	100.0000	74.8020
49	버스 이용 1통행당 평균이동거리(m)	87.8571	53.5088	25.0000	43.3824	50.7096
50	노선별 차량운행거리(대·km/일)	80.7143	62.5000	25.0000	86.0294	56.3531
51	노선별 승객통행거리(인·km/일)	75.0000	52.8509	47.1344	83.0882	59.3977
52	버스 차량운행거리(VKT)(대·km/일)	94.2857	75.0000	65.9585	100.0000	77.9703
53	노선별 정류장별 정시성(배차간격분산계수)	87.8571	60.0877	70.8498	55.8824	68.2591
54	노선별 정시배차율(%)	87.8571	63.3772	53.4585	70.5882	67.2690
55	노선별 혼잡율(%)	80.7143	56.7982	36.2154	51.4706	55.7756
56	노선별 최대재차인원(인)	75.0000	59.6491	37.5000	56.6176	55.3383
57	노선별 차내쾌적성	50.0000	39.2544	54.8913	11.7647	44.9835
58	승차안락성	50.0000	7.0175	31.4723	16.1765	23.7294
59	버스 운행비용(원/일)	87.8571	72.3684	50.1482	0.0000	57.0545
60	버스 운행원가(원/일)	87.8571	69.5175	39.0810	10.2941	54.4307
61	버스 운행원가 대비 실소요비용(%)	75.0000	50.2193	28.0138	0.0000	40.1238
62	운행생산성(인/km)	94.2857	37.5000	54.5949	26.4706	54.9587
63	노선별 운임수입(원/일)	80.7143	37.5000	31.0277	58.0882	47.4505
64	총 운임수입(원/일)	75.0000	37.5000	28.0138	58.0882	45.1815

## 3) 지표의 측정(조사)가능성 검토

- 자동차부문 교통망성능평가와 같은 방법으로 각 교통망성능평가 지표를 산출하는 과정 중에 필요한 교통Data를 중심으로 확보·조사가능성을 조사하였음

&lt;표 5-29&gt; 대중교통부문 교통망성능평가 지표의 측정가능성 검토 결과

교통망성능평가 지표		필요 Data	Data 확보 가능 여부	비고
1	업체수(개소)	버스 운수업체 현황	○	
2	노선수(개)	버스 노선 현황	○	노선 개편·폐지로 인한 분석 기준 시점 전체 필요
3	노선당 연장(km)	버스 노선 현황, 노선별 연장	○	
4	노선당 정류장수(개소)	버스 노선 현황, 노선별 정류장	○	
5	노선당 정류장 평균 거리(m)	버스 노선 현황, 노선별 정류장, 정류장 GIS Map Data	×	정류장 간 거리 산출 어려움
6	총 노선연장(km)	버스 노선 현황, 노선별 연장	○	
7	서비스공급밀도(km/인)	버스 노선 현황, 지역 인구 현황	○	
8	총 정류장수(개소)	버스 노선 현황, 노선별 정류장	○	
9	버스정류장 간 평균 거리(m)	정류장 GIS Map Data	×	정류장 간 거리 산출 어려움
10	노선당 보유 버스대수(대)	버스 운수업체 버스 보유 현황, 업체별 노선 보유 현황	○	
11	노선굴곡도	버스 노선 현황, 정류장 GIS Map Data	△	버스 노선 기종점간 거리 산출 필요
12	업체별 운행차량대수(대/일)	버스 운수업체 버스 보유 현황, 업체 버스 운행 실적	○	
13	노선별 운행차량대수(대/일)	노선별 버스 보유 현황, 노선별 버스 운행 실적	○	
14	노선별 서비스 제공 시간(시)	노선별 버스 운행 실적	○	
15	노선별 배차간격(분)	노선별 버스 운행 실적	○	
16	노선별 운행횟수(회)	노선별 버스 운행 실적	○	
17	노선별 평균 단위운행(run) 수	노선별 정류장, 노선별 버스 운행 실적	○	
18	노선별 평균 단위운행(run) 거리(m)	노선별 정류장, 정류장 GIS Map Data, 노선별 버스 운행 실적	×	정류장 간 거리 산출 어려움
19	서비스공급규모(km/인)	노선별 버스 운행 실적, 지역 인구 현황	○	
20	서비스공급능력(좌석·km/인)	버스 (좌석)용량, 노선별 버스 운행 실적, 지역 인구 현황	○	
21	대중교통 용량공급지수	버스 (좌석)용량, 노선별 버스 운행 실적	○	
22	토지 면적당 정류장 개수(개/km <sup>2</sup> )	정류장 현황, 정류장 GIS Map Data, 지역 토지(면적) 현황	○	
23	토지 면적당 노선수(개/km <sup>2</sup> )	지역별 버스 노선 현황, 지역 토지(면적) 현황	○	
24	토지 면적당 노선연장(km/km <sup>2</sup> )	지역별 버스 노선 현황, 노선별 연장, 지역 토지(면적) 현황	○	
25	연계 지하철 역수(개)	정류장 GIS Map Data, 지하철역 GIS Map Data	△	정류장 및 지하철역 GIS Map Data 확보 어려움
26	정류장 평균 접근통행 시간(분)	정류장 별 이용승객 접근통행실태	×	별도의 접근통행실태 조사 필요
27	환승률(%)	버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	



## &lt;표 계속&gt;

교통망성능평가 지표		필요 Data	Data 확보 가능 여부	비고
28	정류장 연계 주차면수(개소)	정류장 GIS Map Data, 주차장(면) GIS Map Data	×	정류장 및 주차장(면) GIS Map Data 확보 어려움
29	총 승차승객수(인/일)	버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	
30	업체별 승차승객수(인/일)	버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	
31	노선별 승차승객수(인/일)	버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	
32	정류장별 승차승객수(인/일)	버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	
33	업체별 차량당 평균 승차승객수(인/대)	노선별 버스 운행 실적, 버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	
34	노선별 차량당 평균 승차승객수(인/대)	노선별 버스 운행 실적, 버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	
35	노선당 구간별 평균 재차인원(인)	노선별 버스 운행 실적, 버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	
36	노선연장당 승객수(인/km)	버스 노선 현황, 노선별 연장, 노선별 버스 운행 실적, 버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	
37	노선별 총 운행시간(분)	노선별 버스 운행 실적	○	
38	노선별 운행시간(분)	노선별 버스 운행 실적	○	
39	승용차 통행시간 대비 대중교통 통행시간(%)	버스 통행속도(노선별 버스운행 실적), 지역 평균 차량통행속도	○	분석 대상 기종점 설정 필요
40	승용차 통행시간 대비 초과시간(분)	버스 통행속도(노선별 버스운행 실적), 지역 평균 차량통행속도	○	
41	버스 이용 1통행당 평균이동시간(분)	버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	
42	노선별 VHT(대·시/일)	노선별 버스 운행 실적	○	
43	버스 VHT(대·시/일)	노선별 버스 운행 실적	○	
44	노선별 승객통행시간(PHT)(인·시/일)	노선별 버스 운행 실적, 버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	
45	노선별 통행속도(km/h)	정류장 간 버스 통행속도(노선별 버스운행 실적)	×	정류장 간 거리 산출 어려움
46	노선별 평균 운행속도(km/h)	버스 운행속도(노선별 버스운행 실적)	○	
47	노선별 표정속도(km/h)	버스 운행속도, 정류장 별 정차시간(노선별 버스운행 실적)	○	
48	버스 평균 통행속도(km/h)	정류장 간 버스 통행속도(노선별 버스운행 실적), 지역 내 버스 노선 현황	×	정류장 간 거리 산출 어려움
49	버스 이용 1통행당 평균이동거리(m)	버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	×	정류장 간 거리 산출 어려움
50	노선별 차량운행거리(대·km/일)	버스 노선 연장, 노선별 버스 운행 실적	△	정류장 간 거리 확보가 어려우므로, 노선 연장(km)으로 산출 가능
51	노선별 승객통행거리(인·km/일)	버스 노선 연장, 버스 승객 승차 통계(교통카드 Data), 노선별 버스 운행 실적	×	정류장 간 거리 산출 어려움

## &lt;표 계속&gt;

교통망성능평가 지표		필요 Data	Data 확보 가능 여부	비고
52	버스 차량운행거리(VKT)(대·km/일)	버스 노선 현황, 버스 노선 연장, 노선별 버스 운행 실적, 정류장 GIS Map Data(정류장 간 거리)	△	정류장 간 거리 확보가 어려우므로, 노선 연장(km)으로 산출 가능
53	노선별 정류장별 정시성(배차간격분산계수)	노선 운영 계획, 노선별 버스 운행 실적	○	
54	노선별 정시배차율(%)	노선 운영 계획, 노선별 버스 운행 실적	○	
55	노선별 혼잡율(%)	노선별 버스 운행 실적, 버스 승객 승차 통계(교통카드 Data), 버스 용량	○	
56	노선별 최대재차인원(인)	노선별 버스 운행 실적, 버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	
57	노선별 차내쾌적성	노선별 버스 운행 실적, 버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	
58	승차안락성	노선별 버스 운행 실적, 버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	
59	버스 운행비용(원/일)	노선별 버스 운행 실적, 버스 유지관리보수 현황, 버스 유류비 원단위(원/km)	△	업체별 영업정보 공개가 어려워 버스 유지관리보수 현황 자료 확보 어려움
60	버스 운행원가(원/일)	노선별 버스 운행 실적, 버스 유지관리보수 현황, 버스 유류비 원단위(원/km)	△	
61	버스 운행원가 대비 실소요비용(%)	노선별 버스 운행 실적, 버스 유지관리보수 현황, 버스 유류비 원단위(원/km)	△	
62	운행생산성(인/km)	노선별 버스 운행 실적, 버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	○	
63	노선별 운임수입(원/일)	노선별 버스 운행 실적, 버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	△	업체별 영업정보 공개가 어려워 버스 운임수입 자료 확보 어려움
64	총 운임수입(원/일)	버스 노선 현황, 노선별 버스 운행 실적, 버스 승객 승차 통계(교통카드 Data)	△	

주 : 본 연구의 대중교통부문 교통망성능평가는 버스로 한정함. 따라서 지하철 관련 Data는 제외함.

- 지표별 산출을 위한 필요Data 검토 결과 정류장 위치를 파악할 수 있는 GIS Map Data 확보가 어려움
  - 실제 정류장의 위치를 알 수 있는 GIS Map Data는 확보 가능함<sup>17)</sup>
  - 정류장 간 거리 산출을 위해서는 실제 정류장 간 버스 차량의 이동 거리 파악이 중요하나 현재 정류장 GIS Map Data에서는 정류장 간 직선거리 산출만 가능하며, 정류장 간 굴절 노선을 운영 중일 경우 차량의 실제 이동 거리 파악이 어려움<sup>18)</sup>
  - 정류장 간 실제 (차량 이동)거리Data 확보가 어려우므로 본 연구에서는 정류장간 버스 차량의 통행속도, 또는 정류장 간 거리Data가 필요한 지표의 산출은 제외함<sup>19)</sup>

17) 우리나라에서 서울시와 같은 대도시에서는 대중교통관련 정보수집시스템이 비교적 잘 갖추어져 있음. 그러나 서울시를 제외한 기타 도시에서 서울시와 같은 수준으로 대중교통관련 정보수집시스템을 구축하는 것은 현실적인 어려움이 있음.

18) 연구진이 파악한 결과 현재 우리나라에서 제공되는 민간 대중교통정보 제공 서비스에서는 정류장 간 거리를 파악하기 위해 개별 버스 차량 탑승 후 주기적인 GPS 신호 파악·저장으로 정류장 간 실제 차량 이동거리를 산정하는 것으로 파악되었음.

- 단, '노선별 차량운행거리(대·km/일)', '버스VKT(대·km/일)' 지표는 개별 노선의 노선연장을 적용하여 산출함
- 대중교통의 접근성 지표 중 '정류장 평균 접근통행 시간' 지표는 정류장별 버스 이용 승객을 대상으로 한 별도의 조사가 필요함
  - 승객의 실제 버스 서비스 이용을 위한 정류장까지의 접근행태에 대한 자료는 통계자료나 첨단장비를 활용한 자동수집시스템이 갖추어져 있지 않음
  - 대중교통 접근성에 관한 기존 연구(박경철, 2010; 빈미영, 2011; 이신해, 2009)에서 대중교통 접근성 파악을 위하여 대중교통 통행실태 조사를 실시한 바 있음
- 대중교통의 접근성 파악을 위한 정류장별 버스 이용 승객 대상 접근통행실태 조사는 조사만으로도 상당한 비용과 시간이 소요되는 과정이고 전반적인 교통망성능평가에 목적을 두는 본 연구의 범위를 벗어나므로, 본 연구에서는 접근성 지표 산출은 제외하도록 함
- 정류장 GIS Map Data와 마찬가지로 주차장(면)에 대한 위치정보Data 확보가 어려우므로 이와 관련된 지표의 산출 또한 제외하도록 함
- 교통시스템 전반 지표 중 운행비용(운송원가)와 관련된 자료는 확보가 어려워 본 연구에서는 관련 지표들의 산출을 제외하도록 함
  - 버스의 운행비용(운송원가)는 국토교통부의 『 시내버스운송사업기준(제정 2013. 8. 1.)』에서 제시하는 원가산정기준을 적용하여 산출함
  - 버스의 운행비용(운송원가) 산출과 관련된 기존연구(수도권 교통조합, 2007; 제주특별자치도 2013)에서는 버스 운행비용(운송원가) 산정을 위해서 버스운수업체의 실제 운행행태와 버스차량 유지·보수실태 조사 자료를 활용하였음
  - 버스운행비용(운송원가) 산출을 위한 조사는 관련 조사만으로도 상당한 비용과 시간이 소요되고 버스업체의 협조는 현실적으로 어려우므로<sup>20)</sup>, 본 연구에서는 이와 관련된 지표 산출은 제외하도록 함

19) 이신해 외(2009)는 서울시 대중교통 서비스지표 중 통행속도를 선정하 바 있음. 해당 연구에서는 기존 서울시 버스노선 자료(서울시 교통정보센터에서 제공하는 BMS Station List를 기반으로 구축된 GIS Data)는 정류장의 위치(좌표)Data만을 제공하여 실제 버스노선망과는 차이가 있음을 문제점으로 지적한 바 있음. 통행속도 산출을 위해 표준교통망을 고려하여 정류장 기반 BMS 버스노선망을 실제 운행경로에 맞게 변환, 버스 노선망을 재구축하였음. 한편, 서울시는 서울시 교통정보센터(TOPIS)에서 자체 개발한 대중교통 정보 분석 시스템(TIAS, Transit Information Analysis System) 프로그램으로 GPS 자료와 정류장별로 수집된 BMS 자료, 교통카드 자료를 분석·가공 기능을 수행할 수 있음.

20) 일부 버스운수업체에서는 자체적으로 운송원가 계산을 실시하고 있으나, 버스업체의 관련 자료 제공 협조는 현실적으로 어려운 실정임.

#### 4) 지표 선정 기준

- 전문가 평가결과와 Data 확보 여부에 따라 최종 교통망성능평가 지표를 선정하였으며, 이에 적용한 기준은 다음과 같음
  - 선정기준 1: 전문가 설문조사 결과 종합화된 평가점수 결과가 60점 이상
    - 교통망성능평가 지표로서 의미 있는 결과를 내포하여야 함과 동시에 중복되는 지표 산출을 지양하여 산출과정을 단순화 할 필요가 있음
    - 본 연구에서는 지표의 유의성과 산출과정의 단순화를 위한 기준을 전문가 설문조사 결과의 평가점수 60점을 기준으로 설정하였음
  - 선정기준 2: 필요 Data가 확보 가능하여야 함
    - 선정된 지표 산출을 위해 필요한 Data가 확보 가능하여 지표 산출이 가능하여야 함
- 위의 2가지 선정기준을 적용하여 최종 자동차부문 교통망성능평가 지표를 선정하였음. 그 결과 <표 5-30>의 지표들이 선정되었음

<표 5-30> 전문가 설문조사를 통해 선정된 대중교통부문교통망성능평가 지표

분류		대중교통망 성능평가지표 세부지표	
교통 인프라 공급	대중 교통 서비스 공급	<b>- 서비스 공급</b> · 업체수(개소) · 노선수(개) · 노선당 연장(km)	· 총 노선연장(km) · 서비스공급밀도(km/인) · 총 정류장수(개소)
		<b>- 서비스 운영</b> · 업체별 운행차량대수(대/일) · 노선별 운행차량대수(대/일) · 노선별 서비스 제공 시간(시) · 노선별 배차간격(분)	· 노선별 운행횟수(회) · 서비스공급규모(km/인) · 서비스공급능력(좌석·km/인) · 버스 용량공급지수(인/일)
		<b>- 접근성</b> · 토지 면적당 정류장 개수(개/km <sup>2</sup> )	· 토지 면적당 노선연장(km/km <sup>2</sup> )
		<b>- 승객수</b> · 총 승차승객수(인/일) · 노선별 승차승객수(인/일) · 정류장별 승차승객수(인/일)	· 노선별 차량당 평균 승차승객수(인/대·일) · 노선연장당 승객수(인/km)
교통 체계 이용	이동성	<b>- 통행시간</b> · 노선별 총운행시간(분) · 노선별 운행시간(분)	· 승용차 통행시간 대비 대중교통 통행시간(%)
		<b>- 통행속도</b> · 노선별 평균운행속도(km/h)	· 노선별 표정속도(km/h)
		<b>- 이동거리</b> · 버스 차량운행거리(대·km/일)	
		<b>- 정시성</b> · 노선별 정류장별 정시성(=배차간격분산계수)	· 노선별 정시배차율(%)

- 전문가설문조사를 통한 지표 선정 결과 다음과 같은 특징이 나타남
  - 자동차부문 성능평가지표와는 달리 대중교통부문 성능평가지표는 인프라 공급(서비스 공급, 서비스 운영)지표가 많은 것으로 나타남
  - 자동차부문은 물리적인 교통인프라(예: 도로, 교량 등)제공과 차량 보유가 동시에 충족되어야 이동 기능을 수행할 수 있는 반면, 대중교통서비스는 서비스 제공 자체로써 이동 기능을 수행할 수 있는 특성이 있기 때문에 대중교통 인프라 공급 정도를 가늠할 수 있는 지표의 중요도가 상대적으로 높게 평가되었기 때문으로 판단됨
  - 또한, 대중교통은 고정된 노선(Route)을 운행하기 때문에 개인(통행자)이 통행시간 단축을 위해 경로 선택을 하지 않아도 되는 특징이 있는데, 이러한 특성이 반영되어 통행시간 지표보다 동일한 대중교통 서비스를 이용하는 다른 통행자의 수(승차승객수)가 상대적 중요도가 높게 평가되었음

## 제5절 대중교통부문 교통망성능평가

### 1. 대중교통부문 교통망성능평가 지표 산출 기준 정의

- 대중교통은 고정된 노선(Route)을 운행하므로 대중교통부문 교통망성능평가 지표 산출을 위해서는 시·공간적 범위 및 성능평가 대상 설정에 대한 기준이 필요함
- 대중교통망 성능평가지표 산출 기준은 대상통행, 기준통행, 교통수단, 기준일로 나눌 수 있음
  - － 대상통행 : 발생통행(통행의 기점 기준 집계), 도착통행(종점 기준 집계), 관련통행(해당 공간을 ‘기점’으로 하거나 ‘종점’으로 하는 통행) 중 성능평가 대상을 무엇으로 할 것인가에 대한 기준 설정

<표 5-31> 대상통행 구분 기준

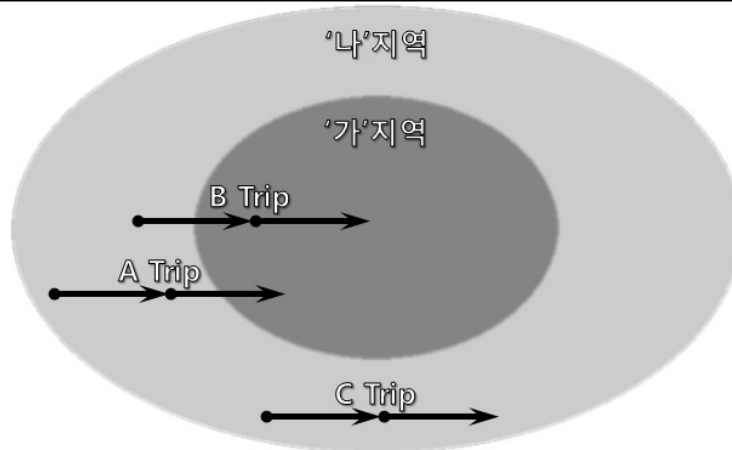
구분	정의	비고
발생통행 (B+C)	대상 지역에서 발생한 통행의 합	
도착통행 (A+C)	대상 지역에 도착한 통행의 합	
관련통행 (A+B+C)	대상 지역에서 발생하거나 도착하는 통행	

자료 : 김채만(2009), “경기도 교통지표 산정에 관한 연구”, p. 41(원출처의 자료를 본 연구에 맞게 재구성)

- － 기준통행 : 대중교통부문 성능평가지표 산출 시 단위 통행(Unit trip)의 기준
- － 우리나라 서울시는 환승미포함/환승포함 기종점통행량 자료를 모두 제공, 서울을 제외한 5대광역시는 환승미포함 기종점통행량 자료 제공하고 있음. 영국의 런던은 환승미포함 기종점통행량 자료 사용
  - 목적통행 : 주수단(Main Mode, 통행거리가 가장 긴 수단)
  - 수단통행 : 환승미포함 / 환승포함 중 환승미포함

&lt;표 5-32&gt; 환승위치에 따른 통행량 차이

구분	'가' 지역 관련통행량		'나' 지역 관련통행량	
	포함	미포함	포함	미포함
A통행	2	1	2	2
B통행	2	2	2	1
C통행	—	—	2	2



자료 : 김채만(2009), “경기도 교통지표 산정에 관한 연구”, p. 42.

- 교통수단 : 대중교통망 성능평가지표 산출 시 고려해야 될 수단
  - 교통수단 구분 기준 1 : 명확성. 단순하고 명확하여 의미 전달이 잘 되어야 함
  - 교통수단 구분 기준 2 : 자료집계용이성. 행정기관의 업무분담구조와 일치하여 자료의 집계 용이하여야 함
  - 교통수단 구분 기준 3 : 비교가능성. 국내외 여러 도시와 비교분석이 가능하여야 함
  - 교통수단 구분 기준 4 : 평가가능성. 장래 추진할 교통정책에 대한 평가가 가능하여야 함
  - 우리나라의 일반적 행정기관의 업무구분(버스, 전철, 택시, 도로, 자전거) 현황, 외국 도시 교통지표산정기준에 도보가 포함되어 제시되는 점, 녹색교통정책 평가가 가능하도록 자전거를 별도의 수단으로 구분이 필요한 점을 고려하여 다음과 같이 교통수단을 구분함

&lt;표 5-33&gt; 교통수단에 대한 구분

교통수단 조사기준*	교통수단 구분 기준	
	도보 포함	도보 제외
1. 도보	1. 도보	—
2. 본인 운전 승용차	2. 승용차	승용차
3. 타인 운전 승용차		
4. 통근/통학버스	3. 버스	2. 버스
5. 일반 시내버스		
6. 광역/좌석버스		
7. 마을버스		
8. 시외/고속버스		
9. 기타버스		
10. 지하철/전철	4. 전철	3. 전철
11. 일반철도		
12. KTX		
13. 택시	5. 택시	4. 택시
14. 자전거	6. 자전거	5. 자전거
15. 오토바이	7. 기타	6. 기타
16. 기타(항공, 선박, 화물차, 특수차)		

주 : 1) 교통수단 조사기준\* : 수도권 가구통행실태조사 조사기준.

2) 음영부분은 부천시 대상 대중교통망 성능평가지 고려하는 교통수단임.

－ 기준일 : 연평균일, 주중연평균일, 주말연평균일, 주중 특정일 중 성능평가 지표 산출을 위한 시간적 기준

· 대중교통망 성능평가 : 주중연평균일 기준 지표 산출



## 2. 부천시 대중교통 Data

### 가. 부천시 버스관련 현황

#### 1) 부천시 시내버스 관련 현황

- 부천시에는 6개 시내버스 운수업체가 있으며, 57개 노선으로 776대가 운행중임(2013.12.23일 기준)
- 직행좌석버스가 1개 노선, 17대, 일반시내버스는 56개 노선, 759대가 운행중이며, 노선현황은 <표 5-34>, <표 5-35>과 같음
- 노선별 기종점, 정류소개수, 인가대수, 인가거리, 운행횟수, 배차간격, 기종점기준 첫차, 막차 시각에 대한 정보 파악이 가능함

<표 5-34> 부천시 관내 직행좌석버스 현황

업체명	노선 번호	기점	종점	정류소 개수	인가 대수	인가거리 (km)	운행횟수 (일/회)	배차간격(분)	
								첨두	비첨두
소신여객	700	상동차고지	63빌딩	96	17	26	84	12	16

자료 : 1) 부천시청 홈페이지(<http://www.bucheon.go.kr/site/homepage/menu/viewMenu?menuid=001006006012>)

2) 경기도버스정보시스템(<http://www.gbis.go.kr>)

<표 5-35> 부천시 관내 일반시내버스 현황

업체명	노선 번호	기점	종점	정류소 개수	인가 대수	인가거리 (km)	운행횟수 (일/회)	배차간격(분)	
								첨두	비첨두
평 균		-	-	70.1	13.6	13.4	124.5	-	-
부천버스	10	옥길동입구	여의도환승센터	66	26	18.8	255	4	7
소신여객	11	대장공영차고지	부천북부역(기점)	62	6	10	61	10	15
소신여객	12	계수동종점	김포공항국제선	131	16	25.2	69	12	16
도원교통	12-1	대장동종점	괴안동사거리	97	26	19.4	195	5	6
부일교통	15	쌍용아파트	송내역	36	8	6.3	160	6	8
소신여객	16	삼산농산물시장	송내역	38	9	6.5	162	5	8
성광운수	19	소사역	부천터미널(소풍)	46	5	6.9	77	15	18
성광운수	20	자연생태박물관	송내남부역	68	10	11.3	90	12	14
소신여객	220	소사차고지	김포공항국제선	80	14	17	80	11	12
소신여객	23	송내역	화곡역	79	25	15	150	6	6
소신여객	23-1	상동차고지	몰드밸리	84	7	12	65	10	15
소신여객	23-2	계수동종점	라일락마을어린이공원	74	23	12.9	195	4	7
소신여객	23-5	소사차고지	송내역	85	6	14.8	42	13	20
소신여객	25	범박동휴먼시아2차	한아름마을, 반달마을	71	8	12.5	72	10	15
성광운수	27	송내역	소풍터미널	14	6	2.7	228	5	7

## &lt;표 계속&gt;

업체명	노선 번호	기점	종점	정류소 개수	인가 대수	인가거리 (km)	운행횟수 (일/회)	배차간격(분)	
								첨두	비첨두
소신여객	3	소사차고지	김포공항국내선	101	24	18.5	125	7	10
소신여객	33	송내역	화곡전철역	82	6	15	36	12	17
소신여객	5	고강공영차고지	부천테크노파크	112	25	18.3	155	5	8
도원교통	50	송내남부역	방화중학교	77	24	17	204	5	6
도원교통	50-1	송내역	방화중학교	94	17	22	126	8	9
부일교통	52	온수남부역	웅진플레이도시	66	15	11	150	8	10
부일교통	53	소사고등학교	부천터미널(소풍), 상동홈플러스	61	10	11	156	6	7
소신여객	5-3	부천북부역	금강마을	30	9	5.8	205	6	7
소신여객	5-4	대장동차고지	부천북부역	56	6	12.4	57	13	30
부일교통	55	시온고등학교	역곡남부역	32	8	4.4	216	5	7
소신여객	5-5	춘의동차고지	라일라마을하이타운로즈빌	56	6	9.5	64	13	20
부일교통	55-1	주공뜨란채4단지	역곡남부역	19	3	2.8	117	9	14
부일교통	56	부천터미널(소풍)	청구아파트	69	11	9.7	156	7	10
소신여객	5-6	부천북부역(기점)	부천터미널(소풍)	28	4	4.6	100	10	13
부일교통	56-1	고강공영차고지	옥길동입구	90	10	12.1	120	9	13
부일교통	57	풍림아파트	온수남부역	38	8	5.1	150	7	12
부일교통	57-1	옥길동입구	온수남부역	29	6	4.2	140	7	12
청우운수	58	은행단지	고강동철당(시계지점)	34	6	3	180	6	8
청우운수	58-1	은행단지	성곡중학교, 장애인복지회관	30	0	2.9	4	10	15
청우운수	59	부천소풍터미널	화곡역	78	11	13.5	107	6	12
청우운수	59-1	부천소풍터미널	화곡역	69	11	13.5	105	6	12
소신여객	6	전진아파트	원미경찰서, 롯데백화점	46	6	6	109	9	10
청우운수	60	부천체육관	소사역	74	16	16.5	158	6	8
청우운수	60-1	부천공영차고지	소사구청앞	62	16	14	156	6	8
소신여객	6-1	송내남부역	소사구청, 축협	33	3	5.6	48	10	15
소신여객	6-2	전진아파트	부천터미널(소풍)	64	9	9.4	90	11	13
부일교통	66	송내역	국민은행, 부천북부역	51	9	9.9	107	10	12
소신여객	70	상동차고지	당산역	107	19	26.5	95	8	10
소신여객	700	상동차고지	63빌딩	96	17	26	84	12	16
소신여객	70-2	부천북부역	국회의사당	92	37	21.5	222	5	6
소신여객	70-3	상동차고지	경방타임스퀘어, 신세계백화점	92	24	23	144	7	9
소신여객	71	소사공영차고지	방화사거리	97	18	18.7	90	8	11
소신여객	7-1	쌍용3차, 부천테크노파크	송내역	29	7	5.2	137	7	10
소신여객	7-3	송내역	화곡역	107	14	17.5	80	11	12
소신여객	7-4	상동차고지	김포공항국제선	67	15	13.8	100	9	10
소신여객	75	부천공영차고지	고속철도광명역	171	27	35.4	105	8	11
소신여객	8	부천공영차고지	십정동중소기업협동화단지	113	12	20	53	10	15
부천버스	83	대장동종점	여의도환승센터	109	26	25.5	200	7	12
부천버스	88	대장동종점	여의도환승센터	145	62	34.2	290	4	7
성광운수	95	대장동종점	소사초등학교	80	18	16.5	162	9	11
소신여객	96	범박동휴먼시아2차	송내역	48	4	9.1	47	15	20
소신여객	96-1	송내역	서해그랑블후문	33	2	4.4	47	15	20

자료: 1) 부천시청 홈페이지(<http://www.bucheon.go.kr/site/homepage/menu/viewMenu?menuid=001006006012>)

2) 경기도버스정보시스템(<http://www.gbbs.go.kr>)

## 2) 부천시 마을버스 관련 현황

- 부천시에는 5개 마을버스 운수업체가 있으며, 11개 노선으로 61대가 운행중임(2013.12.23일 기준)
- 노선별 기종점, 인가대수, 인가거리, 운행횟수, 배차간격, 기종점기준 첫차, 막차 시각에 대한 정보 파악이 가능함

&lt;표 5-36&gt; 부천시 관내 일반 시내버스 현황

업체명	노선 번호	기점	종점	등록 대수	배차간격 (분)
서경버스	013	역곡역	한국아파트	3	13
서경버스	013-1	구로구 수궁동	부천시청	8	15
서경버스	013-2	구로구 수궁동	롯데백화점	5	15
서경버스	013-3	역곡역	장미공원	4	15
부흥운수	015	부천소방서	시흥시대아동	16	8
원종운수	017	역곡역	오정동	7	12
원종운수	017-1	역곡역	오정주공3단지정문	6	12
우리교통	021	역곡3동(광명시계)	옥길동	7	20
정원운수	51	역곡북부역	현대아파트	2	10
정원운수	51-1	역곡북부역	현대아파트	2	10
정원운수	51-2	역곡북부역	역곡남부역	1	15

자료 : 부천시청 홈페이지(<http://www.bucheon.go.kr/site/homepage/menu/viewMenu?menuid=001006006012>)

### 3) 부천시 버스정류장 현황

- 부천시내 버스정류장은 1,129개( 시내버스, 마을버스 정류장 모두 포함)가 존재함(2013.12.23일 기준)

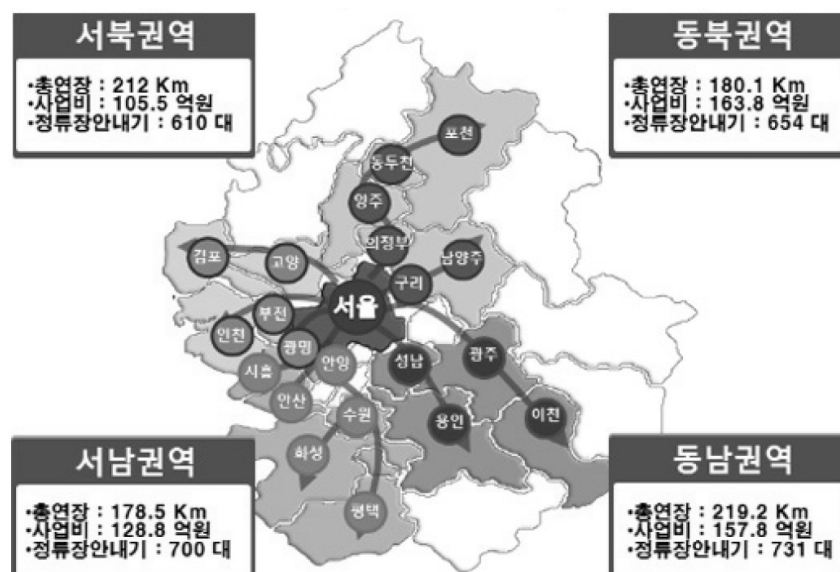


<그림 5-23> 부천시 버스정류장 현황

## 나. 경기도 버스정보시스템

### 1) 확보 가능 Data

- 국토해양부와 서울시, 인천시, 경기도 및 경기도 21개 기초 지자체는 “수도권 광역버스정보 시스템(BIS) 연계·구축사업”을 공동 추진하였으며, 2010년 6월 서울, 인천, 경기도 버스정보 시스템을 광역단위로 연계해 기존 버스도착시각 등 각종 정보를 대중교통 이용자에게 실시간으로 제공할 수 있게 되었음(부천시의 경우 서북권역에 포함되어 있음)



<그림 5-24> 수도권 광역버스정보시스템(BIS) 연계·구축사업 범위

자료: 부천시(2012), 부천시 제2차 지방대중교통계획, p. 318.

- 『경기도 대중교통종합계획수립 연구』에서 제시한 버스정보제공 시스템(BIS) 및 운행관리 시스템(BMS) 구축사업 시행을 위한 시군의 BIS 표준 유형 중 부천시는 “Level 2 관제센터”에 해당하나, 현재 부천시에서는 “Level 1 종합센터 시스템”을 구축하여 운영 중에 있음<sup>21)</sup>
- 부천시에서 운영중인 BIS 및 BMS를 통하여 얻을 수 있는 Data는 <표 5-37>과 같으며, 버스노선현황과 매칭하여 버스인프라 서비스공급 지표 산출이 가능함

21) 경기도 대중교통종합계획수립 연구(경기도, 2006)에서는 시군별 BIS 표준유형을 Level 1~4의 4가지로 분류하고 있음. Lv.1-대규모종합센터 유형은 가장 상위단계 모델로서 독자적 BIS를 구비하고 있으며 ITS를 구축한 시군으로 BIS와 ITS가 하나로 통합된 종합센터로서의 기능을 수행하는 수준으로 대규모 ITS센터가 구축된 것으로 정의하며, Lv.2-중규모BIS센터 유형은 Lv.1과 같이 시내버스정보는 도로부터 제공받으나 마을버스 운행정보는 직접 수집, 가공, 제공 할 수 있는 일련의 시스템을 구비하여 시내버스와 마을버스 운행정보를 정류소안내기에 동시에 제공할 수 있는 수준으로 중규모 BIS센터가 구축된 것으로 정의하고 있음.

- 버스 노선별·차량별 운행 통계정보와 노선별 일일 운행현황, 버스정류장정보 등을 활용하여 서비스운영 지표와 일부 교통체계이용 부문 지표 산출이 가능할 것으로 판단됨

<표 5-37> 부천시 BIS 정보 항목

대항목	항목	세부항목
운영 관리 상세 정보	BIT 관리	BIT ID, 설치위치, MOBILE, BIT유형, 사업구분, 행정동구분, 제조회사, 설치일자, 사용유무, IP 주소
	ROTIS BIT 관리	BIT ID, 설치위치, MOBILE, 포트, 채널, 제어기유형, DAS, 사용유무
	BIT 제어	BIT ID, 설치위치, 사업구분, 행정구역, 모바일번호, BIT 유형
이력 조회 상세 정보	수집정보 이력조회	수집일시, 차량번호, 노선번호, 위치유형, 위치명, 이벤트코드, 정차시간, 오류코드, 막차여부
	운행위반정보 이력조회	수집일시, 차량번호, 노선번호, 위반구분, 발생지점, 위반값
	돌발정보 이력조회	돌발 정보, 버스 ID, 버스노선 번호, 버스 ID, 차량번호
	도로별 구간소통정보 이력조회	분석일시, 도로명, 링크ID, 시작노드 ID, 시작노드 명칭, 종료지점, 구간순서, 예측순통행시간, 예측정차시간, 평균속도, 구간길이
	BIT 정보제공 이력조회	제공일시, BITID, 차량번호, 노선번호, 예측시간, 정보생성일시, 통과버스정류장, 제공여부, 모바일 번호
통계 및 분석 상세 정보	노선별운행 통계정보조회	통계일시, 버스노선번호, 운행버스 대수, 인가버스대수, 인가침두 배차간격, 인가비침두 배차간격, 평균 운행횟수, 인가운행횟수, 그래프
	차량별운행 통계정보조회	통계일시, 버스노선 번호, 차량번호, 운행횟수, 기본점수, 평균실제점수, 평균이벤트, 전체이벤트, 그래프
	운행위반 통계정보조회	통계일시, 버스노선 번호, 차량번호, 무정차건수, 과속주행건수, 운행계통 위반건수, 노선이탈건수, 개문발차 건수, 임의지점 정차건수, 운행중단건수, 그래프
	구간패턴 정보조회	버스노선번호, 버스구간ID, 버스구간명, 패턴시간, 요일유형, 구간ID, 순서, 시작지점, 종료지점, 그래프
	노선별 일일 운행현황 조회	버스노선 번호, 차량번호, 운행일자, 정류장별 출발,도착시간, 소요시간, 시간대별 데이터, 총 운행 횟수, 인가운행횟수, 인가 차량대수, 운행차량대수, 인가배차간격
	차량 몰림율 분석조회	버스노선ID, 버스노선번호, 시작지점, 종료지점, 배차간격(초,분), 몰림기준시간, 오전몰림횟수, 오후몰림횟수, 일일몰림횟수, 오전자료수, 오후자료수, 일일자료수, 등급
기본 정보 상세 정보	버스회사정보	버스회사 ID, 버스회사 명칭, 전화번호, 팩스번호, 주소, 대표자, 행정기관, SIDO_CD, 버스대수, 등록버스대수, 예비버스대수
	버스노선배차정보	버스노선 ID, 버스노선번호, 요일유형, 운수회사, 상행첫차, 상행막차, 하행첫차, 하행막차, 침두배차간격, 비침두배차간격, 인가운행횟수
	버스막차정보	수집일시, 버스노선ID, 노선번호, 변경일시, SectNo, Apply_Day, 운수업체ID, 운수업체명, 시작 정류장, 종료정류장, 버스ID, 버스번호, 버스막차시간, 시작정류장 순서, 종료 정류장 순서
	버스노선별 통과정류장정보	버스노선 번호, 버스정류장 순서, 모바일번호, 버스정류장 명칭(한글, 영어, 일본어, 중국어), 표준 링크 ID, 정류소 ID
	버스정류장정보	버스정류장ID, 모바일정보, 정류소명칭, 통과노선, 통과노선수, 중앙차로여부, 관할관청, 링크ID, GPS좌표X,Y, 지도좌표X,Y, 사용유무
	버스노선정보	버스노선 ID, 버스노선번호, 운수회사, 관할관청 노선유형, 기점명칭, 기점 ID, 종점명칭, 종점 ID, 인가버스대수, 회차점 순번, 사용유무

## 2) Data의 한계

- BIS 및 BMS로부터 수집·가공되는 Data는 매우 방대한양의 Big Data임
  - 개별 노선당 1회 운행마다 노선의 각 정류장에서 차량의 도착과 출발(노선번호, 차량번호, 정류장, 도착시각, 출발시각)에 대한 정보가 수집됨
  - 부천시 57개 노선의 평균 정류소 수 70개, 평균 운행횟수 125회/일이라고 할 때, 1일 최소 정보수집횟수는 약 100만건이며, 1개월에 약 3천만건의 정보가 수집됨
- 본 연구에서는 부천시 BIS 및 BMS 수집Data 중 2개월(2013.6~2013.7)간의 Data를 확보하였으나, 연중 평균적인 통행특성을 반영하기 위해 2013년 6월 1개월간의 Data만을 사용함
  - 7월 중에는 휴가 및 학생 방학으로 인해 연중 평균적인 통행특성이 나타나지 않을 가능성이 있어 7월 중 수집 Data는 제외함
- 또한 확보된 BIS 및 BMS Data에는 노선별 개별 버스차량의 운행정보 중 일부 정류소에서 도착·출발 정보가 누락된 것이 있어, 전체 노선의 모든 정류소에서 정보 수집이 되는 차량의 Data만으로 지표를 산출함

## 다. 수도권 교통카드 Data

### 1) Data 구조

- 교통카드 Data는 승하차 기록을 포함하여 경기도와 수도권이 추진하고 있는 거리비례제와 수도권 통합환승 할인제를 정산하기 위한 데이터로 구성되어 있음
- 교통카드 Data는 복잡한 구조를 가지고 있으나, 본 연구에서는 <표 5-38>과 같이 전체 데이터 중에서 통행행태를 분석할 수 있다고 판단되는 일부 항목을 선정하여 수집하였음(교통카드의 통행단위로 저장·관리됨)



SQLQuery2.sql - H...unseung Kim (53)\* x SQLQuery9.sql - H...unseung Kim (57) SQLQuery4.sql - H...unseung Kim (56)\*

select \*  
from dbo.수도권대중교통거래내역\_20120318\_2

	"STAND_DT"	"SEQ"	"RIDE_DTIME"	"TRANS_ID"	"TRANSP_METHOD_CD"	"TRAF_FREQ"	"BUS_ROUTE_ID"	"VEHC_ID"	"PASGR_CLASS_CD1"	"PASGR_CLASS_CD2"	"PASGR_CLASS_CD3"	"RIDE_STA_ID"	"RIDE_STA_NM"	"ALIGHT_DTIME"	"ALIGHT_STA_ID"	"ALIGHT_STA_NM"	"PASGR_NUM1"	"PASGR_NUM2"	"PASGR_NUM3"	"RIDE_AMT"	"ALIGHT_AMT"
1	"2013018"	4	"2013018113547"	"008"	"500"	0	"41034107"	"141761390"	"01"												
2	"2013018"	4	"2013018174818"	"009"	"500"	0	"41034001"	"141761607"	"01"												
3	"2013018"	7	"2013018051757"	"005"	"500"	0	"41026013"	"141705959"	"01"												
4	"2013018"	9	"2013018190154"	"007"	"500"	0	"41021016"	"141711404"	"01"												
5	"2013018"	14	"2013018005804"	"006"	"480"	0	"28206003"	"128715361"	"01"												
6	"2013018"	14	"2013018134948"	"007"	"480"	0	"28217003"	"128717087"	"01"												
7	"2013018"	14	"2013018141508"	"007"	"480"	1	"28206003"	"128715361"	"01"												
8	"2013018"	16	"2013018091759"	"014"	"470"	0	"28034002"	"128781146"	"01"												
9	"2013018"	16	"2013018152743"	"015"	"105"	0	"11110802"	"111709296"	"01"												
10	"2013018"	16	"2013018164605"	"001"	"470"	0	"28324002"	"128716167"	"01"												
11	"2013018"	18	"2013018104551"	"002"	"500"	0	"41030015"	"141711093"	"01"												
12	"2013018"	21	"2013018221523"	"014"	"511"	0	"41030003"	"141711272"	"01"												
13	"2013018"	28	"2013018101041"	"006"	"581"	0	"41313001"	"141732018"	"01"												
14	"2013018"	28	"2013018102027"	"006"	"581"	1	"41312001"	"141738112"	"01"												
15	"2013018"	33	"2013018123746"	"009"	"581"	1	"41295703"	"141732267"	"01"												
16	"2013018"	33	"2013018120501"	"009"	"581"	0	"41295001"	"141732055"	"01"												
17	"2013018"	38	"2013018223814"	"002"	"500"	0	"41016001"	"141731612"	"01"												
18	"2013018"	38	"2013018101013"	"001"	"500"	0	"41033108"	"141731699"	"01"												
19	"2013018"	48	"2013018103547"	"010"	"470"	0	"28034001"	"128781190"	"01"												
20	"2013018"	52	"2013018221044"	"005"	"511"	0	"41021027"	"141711470"	"01"												
21	"2013018"	52	"2013018093256"	"004"	"511"	0	"41021027"	"141711015"	"01"												
22	"2013018"	56	"2013018115235"	"010"	"500"	0	"41003103"	"141772791"	"01"												
23	"2013018"	56	"2013018160026"	"011"	"500"	0	"41003103"	"141772734"	"01"												

&lt;그림 5-25&gt; 수도권 교통카드 Data 자료 구성 및 형태

&lt;표 5-38&gt; 교통카드 Data 수록 정보

연번	Data Field Name	내용	Type	Digit
1	STAND_DT	이용 일자(YYYYMMDD)	char	8
2	SEQ	-	char	8
3	RIDE_DTIME	승차시각(YYYYMMDDHHMMSS)	char	14
4	TRANS_ID	트랜잭션ID(환승구분)	char	3
5	TRANSP_METHOD_CD	교통수단코드	char	3
6	TRAF_FREQ	환승횟수	int	2
7	BUS_ROUTE_ID	노선ID	char	8
8	VEHC_ID	차량ID	char	9
9	PASGR_CLASS_CD1	승객1 유형	char	2
10	PASGR_CLASS_CD2	승객2 유형	char	2
11	PASGR_CLASS_CD3	승객3 유형	char	2
12	RIDE_STA_ID	승차정류소코드	char	7
13	RIDE_STA_NM	승차정류소명	char	-
14	ALIGHT_DTIME	하차시각(YYYYMMDDHHMMSS)	char	14
15	ALIGHT_STA_ID	하차정류소코드	char	7
16	ALIGHT_STA_NM	하차정류소명	char	-
17	PASGR_NUM1	승객수1	int	2
18	PASGR_NUM2	승객수2	int	2
19	PASGR_NUM3	승객수3	int	2
20	RIDE_AMT	승차요금	char	7
21	ALIGHT_AMT	하차요금	char	7



- 트랜잭션ID(환승구분)는 이용자의 통행이 몇 번째 인지, 즉, 이용자가 대중교통을 몇 번째 이용하고 있는지를 나타냄
- 교통수단코드는 지역별 시내·시외좌석·일반마을버스 등으로 버스의 유형을 342가지로 구분 (지하철은 별도로 구분됨)하며, 본 연구에서 확보한 수도권 교통카드 Data에는 22가지 교통수단이 사용되고 있음

&lt;표 5-39&gt; 교통수단 구분

구분 코드	교통수단	구분 코드	교통수단	구분 코드	교통수단	구분 코드	교통수단
105	마을버스(105)	140	순환버스	475	인천급행간선	511	경기 일반버스(511) -기본요금
115	간선버스	151	마을버스(151)	480	인천지선	530	경기좌석(530)
120	지선버스(120)	200	도시철도(공통)	486	인천광역	533	경기좌석(533)
121	지선버스(121)	205	9호선	490	인천좌석버스	581	경기 마을버스(581)
122	지선버스(122)	206	공항철도	500	경기 일반버스(500) -거리비례제	582	경기 마을버스(582)
130	광역버스(130)	470	인천간선				

- 노선ID는 이용한 교통수단의 노선번호를 나타내며, 차량ID는 차량의 고유번호를 의미함
- 승객유형은 <표 5-40>과 같이 교통카드의 유형으로 구분되는 16가지로 구분되며, 승객수와 매칭하여 각 유형별 승객수를 나타냄

&lt;표 5-40&gt; 승객유형 구분

구분코드	승객유형	구분코드	승객유형	구분코드	승객유형	구분코드	승객유형
00	공통	04	청소년	08	국가유공자	12	상근
01	일반	05	대학생	09	생활보호자	15	테스트
02	초등생	06	경로	10	복지카드	99	기타
03	중고생	07	장애인	11	직원	FF	비활성

- 승차정류소코드와 하차정류소코드는 정류소 위치를 나타내며, 각 승·하차 정류소에서 교통카드 단말기에 접촉된 시각을 기준으로 승차시각과 하차시각이 기록됨
- 승차요금과 하차요금은 각각 승차시와 하차시에 교통카드를 단말기에 접촉하여 지불되는 요금임

## 2) Data 한계

- 교통카드 Data는 수집되는 Data의 항목이 매우 다양하며, 본 연구에서 확보한 수도권 교통카드 Data는 기존 타 연구에서도 각 목적에 맞도록 사용된 사례가 있음

- 이신해 외(2010)는 서울시 대중교통 서비스지표 산출을 위해 교통카드 Data를 사용하였는데, 해당 연구에서 사용한 Data에는 카드번호(개인정보보호를 위한 가상코드)가 함께 고려되어 승객의 통행을 트래킹할 수 있음
- 빈미영 외(2011)는 경기도 통행패턴 분석을 위해 교통카드 Data를 사용하였는데, 본 연구에서 사용된 Data와 달리 개별 승객의 차량 이용 거리, 동반탑승시의 교통카드 소지자 구분Data를 추가로 사용하였음

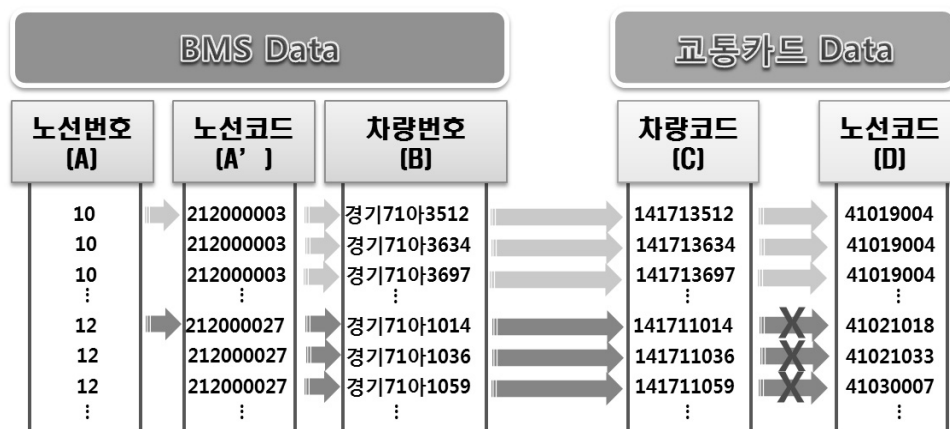
<표 5-41> 본 연구와 타 연구에서 사용된 교통카드Data 비교

Data 내용	본 연구	이신해 외(2010), : 서울시	빈미영 외(2011), : 경기도	비고
교통카드 구분코드	0	1	0	
교통카드번호	0	1	1	개인정보보호를 위한 가상코드
이용 일자로 추정	1	1	1	
승차시각	1	1	1	
트랜잭션ID(환승구분)	1	1	1	
교통수단코드	1	1	1	
환승횟수	1	1	1	
사용거리	0	1	0	해당 교통수단을 탑승한 정류소에서 하차한 정류소까지의 이동거리
교통카드 소지자 구분	0	1	0	'승객수1'과 '승객1 유형'이 같은 값을 갖게 되며, 교통카드를 누가 소지하여 이용하였는지를 나타냄
노선ID	1	1	1	
교통사업자ID	0	1	1	운송업체회사 고유번호
차량ID	1	1	1	
차량등록번호	0	0	1	차량등록번호 (예: 서울74사○○○○)
운행출발일시	0	0	1	탑승차량이 차고지를 출발한 시각
승객1 유형	1	1	1	
승객2 유형	1	1	1	
승객3 유형	1	1	1	
승차정류소코드	1	1	1	
승차정류소명	1	0	0	
하차시각	1	1	1	
하차정류소코드	1	1	1	
하차정류소명	1	0	0	
승차인원	0	1	1	하나의 카드에 동반승차한 이용객수
승객수1	1	1	0	
승객수2	1	1	0	
승객수3	1	1	0	
승차요금	1	1	1	
하차요금	1	1	1	

자료 : 1) 빈미영 외(2011), 경기도 교통카드자료를 이용한 통행패턴 분석과 활용방안 연구, p. 30.

2) 이신해 외(2010), 2009 대중교통 서비스지표 산출연구(2단계), p. 37.

- 수도권 교통카드 Data 접근 및 사용은 교통카드사의 자료 협조를 통해서만 확보 가능하므로 실제 교통카드 Data의 다양한 Data Field 중 일부만 확보 가능함
  - <표 5-42>에서 보는 바와 같이 교통카드사로부터의 협조 범위에 따라 분석에 활용되는 Data가 다름
  - 분석의 용이성과 정확성 확보를 위해 교통카드사와 각 지자체 교통센터(BMS관리센터) 및 교통Data 분석기관 간 원활한 Data 공유가 시급함
- 교통카드 Data는 BIS 및 BMS Data와 차량ID, 버스노선ID, 정류소ID 등을 매칭하여 다양한 정보의 가공 및 생산이 가능하나, 본 연구에서 확보한 Data에서는 차량ID, 버스노선ID, 정류소ID의 코드가 일치하지 않는 문제점이 발견되었음
  - 차량ID: BMS Data에서 차량ID는 실제 버스차량번호(이때는 업체명, 관할지역명 등이 함께 기록됨) 또는 9자리(9 digit)코드로, 교통카드 Data에도 9자리(9 digit)코드로 표현되나, 이들 간 코드가 매칭되지 않음
  - 교통카드 Data에는 지역코드(서울: 111, 인천: 128, 경기: 141)와 버스차량번호의 숫자(한글 문자 제외)를 조합하여 차량ID를 부여함
  - 버스노선ID: BMS Data에서 버스노선ID는 실제 버스 노선번호(이때는 업체명, 관할지역명 등이 함께 기록됨) 또는 9자리(9 digit)의 코드로 구분되나, 교통카드 Data에는 8자리(8 digit)의 코드로 구분됨
  - BMS Data로부터 노선(A)별 차량Data(B)를 추출( $A \Rightarrow B$ )하여 교통카드 Data의 차량코드(C)와 매칭( $B=C$ )한 후, 이로부터 다시 교통카드의 노선코드(D)를 필터링( $C \Rightarrow D$ )한 결과, BMS Data의 노선ID(A)와 교통카드 Data의 노선코드(D)가 불일치함( $A \neq D$ )



<그림 5-26> BMS Data와 교통카드 Data간 매칭 문제 예시

- 정류소ID: BMS Data에서 정류소ID는 실제 정류소명 또는 5자리(5 digit)의 모바일번호 및 9자리(9 digit)의 ID로 구분되나, 교통카드 Data에는 7자리(7 digit)의 코드로 구분됨

<표 5-42> BMS Data와 교통카드 Data간 불일치(예: 노선번호-10, 업체명-부천버스, 차량번호-경기71아3635, 정류소명-유한대학)

Data 구분	BMS Data	교통카드 Data	비고
버스노선ID	실제 노선번호: 10 노선코드 : 212000003(9 digit)	노선코드: 41019004(8 digit)	차량코드로부터 버스노선코드를 추적하면 불일치
차량ID	실제 차량번호: 경기71아3635	차량코드: 141713635(9 digit) ※ 경기도 코드(141)와 실제 차량번호에서 문자를 제외한 숫자(713635)를 조합하여 코드 부여	
정류소ID	정류소명: 유한대학 정류소모바일번호: 12153(5 digit) 정류소ID: 211000071(9 digit)	정류소ID: 알 수 없음(7 digit)	차량코드로부터 노선번호코드는 매칭할 수 있으나, 정류소 코드의 매칭은 어려움

- 이는 교통카드사와 지자체의 버스정보관리센터 및 교통Data분석 기관 간 원활한 Data 공유가 이루어지지 못함으로 인한 문제점으로 판단됨
- 또한 향후 교통Data 분석의 신속성과 투명성 제고를 위해 기반정보(업체명, 노선번호, 차량번호, 정류소 등)의 코드 통일성 및 일관성 제고를 위한 노력이 필요할 것으로 판단됨

### 3. 대중교통부문 교통망성능평가 지표 산출

#### 가. 대중교통부문 교통망성능평가의 전제

##### 1) 지표 산출 공간적 범위

- 대중교통부문 교통망성능평가 지표는 부천시 관내 시내버스로 한정함
  - 본 연구에서는 대상도시인 부천시로부터 운행계통을 허가 받은 시내버스에 관한 지표 산출로 한정하며, 마을버스는 산출범위에서 제외함

##### 2) 지표 산출 시간적 범위

- 시간적 범위는 버스 관련 현황과 BMS Data 구축 시점인 2013년 주중 평일을 기준으로 지표를 산출함
  - 확보된 BMS Data는 2013년 6월~7월 2개월간의 Data이나, 7월 중 휴일 및 방학으로 인해 연평균 주중 평일 통행특성이 반영하기 어려울 것이라고 가정하여 2013년 6월 1개월간의 Data만을 활용함

##### 3) 지표 산출 내용적 범위

- 앞에서 살펴본 바와 같이 대중교통부문 교통망성능평가 지표 산출을 위해 확보한 Data 중 BMS Data와 교통카드 Data 간 호환 문제로 인해, 본 연구에서 교통카드 Data는 활용하지 않기로 함
  - 본 연구에서 사용하는 버스관련 현황, BMS Data는 2013년 기준(노선 및 정류소 현황: 2013년12월말, BMS Data: 2013년 6월)이고, 확보된 교통카드 Data는 2012년 3월 Data임
  - 두 Data간 호환문제 뿐만 아니라, 자료 구축 시점이 상이하여 본 연구에서는 BMS Data만을 활용하여 지표를 산출함
- 부천시 대중교통부문 교통망성능평가 지표 산출의 기준은 다음과 같음
  - 대상통행: 부천시 관련통행(부천 시내버스 대부분 부천과 서울 간 운행)
  - 기준통행: 교통카드 Data를 활용하지 않음으로 인하여, 기준통행에 대한 기준 없음
  - 교통수단: 부천시 관내 시내버스(마을버스 제외)
  - 기준일: 주중연평균일

### 나. 교통인프라 공급 측면 교통망성능평가 지표

- 부천시내의 버스는 각 노선의 운행특성에 따라서 직행좌석버스, 일반시내버스, 마을버스로 구분되며 버스 업체의 현황은 <표 5-43>과 같음
- 버스 유형별 업체 수는 직행좌석버스 1개소, 일반시내버스 6개소, 마을버스 5개소가 운영 중에 있으며 총 11개의 업체가 부천시에 버스서비스를 제공하고 있음

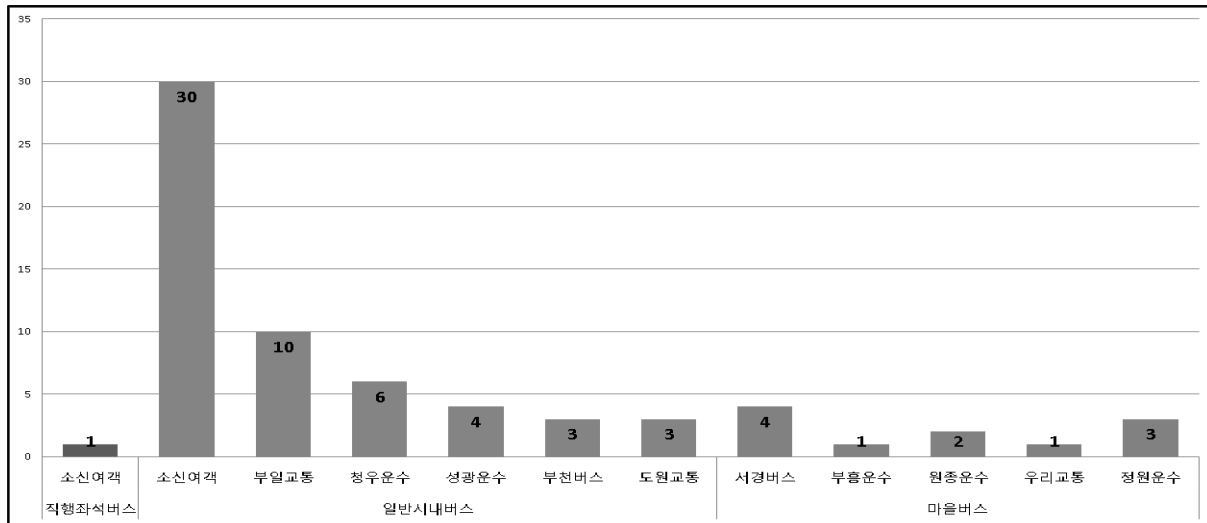
<표 5-43> 부천시 버스 유형별 업체 수

구분	업체명	버스별 업체수(개소)	총 업체수(개소)
직행좌석버스	소신여객	1	11
일반시내버스	소신여객	6	
	부일교통		
	청우운수		
	성광운수		
	부천버스		
	도원교통		
마을버스	서경버스	5	
	부흥운수		
	원종운수		
	우리교통		
	정원운수		

- 버스 유형별·업체별 노선 현황은 <표 5-44>와 같음
- 총 버스노선 68개(마을버스 포함) 중 ‘소신여객’이 약 31개(46%)로 가장 많은 노선을 운영하고 있으며 ‘부일교통’이 10개(15%), ‘청우운수’ 6개(9%) 순으로 많은 노선을 운영하고 있음

<표 5-44> 버스 업체별·유형별 노선현황

구분	업체명	업체별 노선수(개)	버스유형별 노선수	총 노선수
직행좌석버스	소신여객	1	1	68
일반시내버스	소신여객	30	56	
	부일교통	10		
	청우운수	6		
	성광운수	4		
	부천버스	3		
	도원교통	3		
마을버스	서경버스	4	11	
	부흥운수	1		
	원종운수	2		
	우리교통	1		
	정원운수	3		

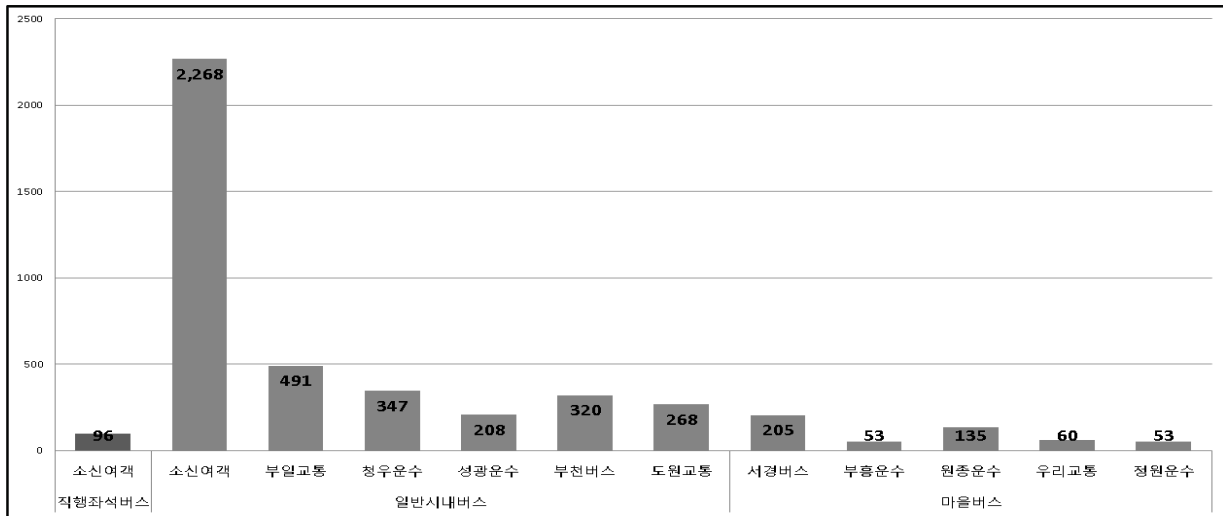


&lt;그림 5-27&gt; 부천시 업체별 버스유형별 노선현황

- 부천시내 버스 유형별 노선 수 및 정류장 수를 활용하여 노선당 평균 통과 정류장 수를 산정한 결과는 <표 5-45>와 같음
  - 버스업체별 통과 정류장수는 ‘소신여객’의 노선이 약 2,268개의 정류장을 이용하여 가장 큰 비중을 차지하고 다음으로 ‘부일교통’ 491개, ‘청우운수’ 347개 순으로 나타남
  - 업체별 노선당 평균 정류장 수는 ‘부천버스’가 107개소/개로 가장 많음
  - 부천시 시내버스 노선당 평균 정류장수는 70개, 마을버스의 노선당 평균 정류장수는 46개로 나타남

&lt;표 5-45&gt; 부천시 업체별 노선당 통과 정류장 수

구분	업체명	노선수 (개)	정류장수 (개소)	노선당 평균 정류장수 (개소/개)		
직행좌석버스	소신여객	1	96	96	96	70
일반시내버스	소신여객	30	2,268	76	70	
	부일교통	10	491	49		
	청우운수	6	347	58		
	성광운수	4	208	52		
	부천버스	3	320	107		
	도원교통	3	268	89		
마을버스	서경버스	4	205	51	46	
	부흥운수	1	53	53		
	원종운수	2	135	68		
	우리교통	1	60	60		
	정원운수	3	53	18		
계		68	4,504	66		



<그림 5-28> 부천시 버스업체별 통과 정류장수

- 부천시의 단위면적당 정류장 개수 및 노선연장을 산출한 결과는 <표 5-46>과 같음
  - 부천시는 총 면적 53.45km<sup>2</sup>, 총 버스정류장 1,129개소, 총 버스노선연장 792km으로 단위면적당 버스노선 14.8km와 버스정류장 약 21.1개가 소재하고 있음

<표 5-46> 부천시 단위면적당 정류장 개수 및 노선연장

구분	부천시면적 (km <sup>2</sup> )	총 정류장수 (개소)	총 노선연장 (km)	단위면적당 정류장개수 (개소/km)	단위면적당 노선연장 (km/km <sup>2</sup> )
지표	53.45	1,129	792	21.1	14.8

- 서비스 운영부문의 지표인 대중교통용량 공급지수는 해당지역의 인구, 버스노선연장, 버스재차인원을 활용하여 산출하며 결과는 <표 5-47>과 같음
  - 인구대비 총 버스노선연장을 나타내는 서비스 공급밀도는 0.894km/천인, 인구대비 1일 버스 총 운행거리를 나타내는 서비스 공급규모는 6,347.79대·km/천인, 인구대비 총 버스좌석과 노선연장을 나타내는 서비스 공급능력은 40.24좌석·km/천인으로 나타남
  - 대중교통용량공급지수는 해당 지역 내 버스의 운행횟수와 용량을 고려한 서비스 공급규모로서 319,410 좌석·회/일로 산출됨

<표 5-47> 부천시 대중교통 용량공급지수

구분	인구 (인)	총 버스노선연장(km)			버스대당 좌석수 (좌석/대)	서비스 공급밀도 (km/천인)	서비스 공급규모 (대·km/천인)	서비스 공급능력 (좌석·km/천인)	1일운행횟수 (회/일)	대중교통 용량공급 지수
		좌석 버스	일반 버스	계						
지표	885,949	26	766	792	45	0.894	6,347.79	40.24	7,098	319,410



#### 다. 교통체계 이용 측면 교통망성능평가 지표

- 부천시의 관내 시내버스는 6개 업체에서 총 57개 노선, 1일 평균 운행횟수 124.5회, 평균운행거리 13.4km, 배차간격 4.0분~30.1분으로 운행되고 있음
- 소신여객이 가장 많은 31개 노선에 408대의 차량을 운행하고 있으며, 다음은 부일교통이 10개노선에 88대의 차량을 운행 중임

<표 5-48> 부천시 버스 노선별 연장 및 차량운행대수

업체명	노선번호	노선당연장 (km)	기점	종점	일일 운행횟수	배차간격 (분)	노선별 운행차량 대수
소신여객	700	26.0	상동차고지	63빌딩	84	14.4	17
	11	10.0	대장공영차고지	부천북부역(기점)	61	18.0	6
	12	25.2	계수동중점	김포공항국내선	69	15.9	16
	16	6.5	삼산농산물시장	송내역	162	7.1	9
	220	17.0	소사차고지	김포공항국제선	80	13.6	14
	23	15.0	송내역	화곡역	150	7.5	25
	23-1	12.0	상동차고지	몰드밸리	65	16.3	7
	23-2	12.9	계수동중점	라일락마을어린이공 원	195	5.5	23
	23-5	14.8	소사차고지	송내역	42	25.5	6
	25	12.5	범박동휴먼시아2차	한아름마을, 반달마을	72	14.5	8
	3	18.5	소사차고지	김포공항국내선	125	9.1	24
	33	15.0	송내역	화곡전철역	36	30.1	6
	5	18.3	고강공영차고지	부천테크노파크	155	7.2	25
	5-3	5.8	부천북부역	금강마을	205	5.3	9
	5-4	12.4	대장동차고지	부천북부역	57	19.2	6
	5-5	9.5	춘의동차고지	라일락마을하이타운 로즈빌	64	17.0	6
	5-6	4.6	부천북부역(기점)	부천터미널(소풍)	100	11.2	4
	6	6.0	전진아파트	원미경찰서, 롯데백화점	109	9.9	6
	6-1	5.6	송내남부역	소사구청, 축협	48	22.8	3
	6-2	9.4	전진아파트	부천터미널(소풍)	90	12.6	9
	70	26.5	상동차고지	당산역	95	10.9	19
	70-2	21.5	부천북부역	국회의사당	222	4.9	37

## &lt;표 계속&gt;

업체명	노선번호	노선당연장 (km)	기점	종점	일일 운행횟수	배차간격 (분)	노선별 운행차량 대수
소신여객	70-3	23.0	상동차고지	경방타임스퀘어, 신세계백화점	144	7.6	24
	71	18.7	소사공영차고지	방화사거리	90	12.2	18
	7-1	5.2	쌍용3차, 부천테크노파크	송내역	137	8.2	7
	7-3	17.5	송내역	화곡역	80	13.4	14
	7-4	13.8	상동차고지	김포공항국제선	100	10.7	15
	75	35.4	부천공영차고지	고속철도광명역	105	10.2	27
	8	20.0	부천공영차고지	심정동중소기업협동 화단지	53	21.2	12
	96	9.1	범박동휴먼시아2차	송내역	47	22.3	4
	96-1	4.4	송내역	서해그랑블후문	47	23.0	2
부일교통	15	6.3	쌍용아파트	송내역	160	7.2	8
	52	11.0	온수남부역	웅진플레이도시	150	7.5	15
	53	11.0	소사고등학교	부천터미널(소풍), 상동홈플러스	156	7.5	10
	55	4.4	시온고등학교	역곡남부역	216	5.3	8
	55-1	2.8	주공뜨란채4단지	역곡남부역	117	9.7	3
	56	9.7	부천터미널(소풍)	청구아파트	156	7.3	11
	56-1	12.1	고강공영차고지	옥길동입구	120	9.6	10
	57	5.1	풍림아파트	온수남부역	150	7.5	8
	57-1	4.2	옥길동입구	온수남부역	140	7.9	6
청우운수	66	9.9	송내역	국민은행, 부천북부역	107	10.5	9
	58	3.0	은행단지	고강동철탑(시계지점)	180	6.2	6
	58-1	2.9	은행단지	성곡중학교, 장애인복지회관	4	8.8	0
	59	13.5	부천소풍터미널	화곡역	107	10.2	11
	59-1	13.5	부천소풍터미널	화곡역	105	10.4	11
	60	16.5	부천체육관	소사역	158	7.0	16
	60-1	14.0	부천공영차고지	소사구청앞	156	7.1	16
성광운수	19	6.9	소사역	부천터미널(소풍)	77	14.4	5
	20	11.3	자연생태박물관	송내남부역	90	11.9	10
	27	2.7	송내역	소풍터미널	228	4.8	6
	95	16.5	대장동종점	소사초등학교	162	7.0	18
부천버스	10	18.8	옥길동입구	여의도환승센터	255	4.4	26
	83	25.5	대장동종점	여의도환승센터	200	6.1	26
	88	34.2	대장동종점	여의도환승센터	290	4.0	62
도원교통	12-1	19.4	대장동종점	괴안동사거리	195	5.8	26
	50	17.0	송내남부역	방화중학교	204	5.4	24
	50-1	22.0	송내역	방화중학교	126	8.8	17

- 버스 노선별 운행시간은 기점기준 운행시간과 종점기준 운행시간을 구분하여 산출하였으며 산출결과는 <표 5-49>와 같음
- 버스는 기점기준 AM 3:50에서 AM1:20, 종점기준 AM 4:30에서 AM 2:20까지 운영하고 있음
- 버스노선별 평균운행시간은 1,098분(18시간 18분)이며, 지역내 총 운행시간은 1,042시간 42분으로 산출됨

&lt;표 5-49&gt; 부천시 버스 노선별 운행시간

업체명	노선번호	기점기준 첫차 (HHMM)	기점기준 막차 (HHMM)	종점기준 첫차 (HHMM)	종점기준 막차 (HHMM)	기점기준 운행시간 (HHMM)	종점기준 운행시간 (HHMM)	운행시간 평균 (MM)	운행시간평균 (HHMM)
소신여객	700	5:10	25:20	6:10	26:20	20시간 10분	20시간 10분	1210	20시간 10분
	11	5:10	23:30	5:50	24:05	18시간 20분	18시간 15분	1095	18시간 15분
	12	4:40	22:55	5:10	23:30	18시간 15분	18시간 20분	1100	18시간 20분
	16	4:35	23:45	4:50	24:10	19시간 10분	19시간 20분	1160	19시간 20분
	220	4:50	23:00	5:25	23:45	18시간 10분	18시간 20분	1100	18시간 20분
	23	4:50	23:40	5:30	24:10	18시간 50분	18시간 40분	1120	18시간 40분
	23-1	5:00	22:45	5:20	23:00	17시간 45분	17시간 40분	1060	17시간 40분
	23-2	5:00	23:00	5:35	23:40	18시간 00분	18시간 05분	1085	18시간 5분
	23-5	5:00	22:50	5:50	23:45	17시간 50분	17시간 55분	1075	17시간 55분
	25	5:00	22:45	5:20	22:45	17시간 45분	17시간 25분	1045	17시간 25분
	3	4:30	23:50	5:10	24:10	19시간 20분	19시간 00분	1140	19시간 0분
	33	4:40	22:50	4:40	22:45	18시간 10분	18시간 05분	1085	18시간 5분
	5	4:50	23:30	5:00	23:30	18시간 40분	18시간 30분	1110	18시간 30분
	5-3	5:40	24:20	5:20	23:35	18시간 40분	18시간 15분	1095	18시간 15분
	5-4	5:15	23:30	5:25	24:05	18시간 15분	18시간 40분	1120	18시간 40분
	5-5	5:20	23:30	5:53	24:05	18시간 10분	18시간 12분	1092	18시간 12분
	5-6	5:20	24:10	5:45	24:20	18시간 50분	18시간 35분	1115	18시간 35분
	6	5:30	23:30	5:50	24:00	18시간 00분	18시간 10분	1090	18시간 10분
	6-1	5:00	23:20	5:20	23:35	18시간 20분	18시간 15분	1095	18시간 15분
	6-2	4:50	23:45	5:20	24:15	18시간 55분	18시간 55분	1135	18시간 55분
	70	5:25	22:40	5:45	23:40	17시간 15분	17시간 55분	1075	17시간 55분
	70-2	4:58	23:15	5:55	24:10	18시간 17분	18시간 15분	1095	18시간 15분
	70-3	5:00	23:10	5:40	24:10	18시간 10분	18시간 30분	1110	18시간 30분
	71	4:50	23:05	5:40	24:00	18시간 15분	18시간 20분	1100	18시간 20분
	7-1	5:00	23:40	5:25	24:10	18시간 40분	18시간 45분	1125	18시간 45분
	7-3	4:50	22:40	5:50	23:40	17시간 50분	17시간 50분	1070	17시간 50분
	7-4	5:00	23:00	5:30	23:20	18시간 00분	17시간 50분	1070	17시간 50분
	75	4:20	22:15	5:40	23:45	17시간 55분	18시간 05분	1085	18시간 5분
	8	4:45	23:30	5:00	24:10	18시간 45분	19시간 10분	1150	19시간 10분
	96	5:20	23:30	6:00	23:30	18시간 10분	17시간 30분	1050	17시간 30분
	96-1	4:50	23:30	5:20	23:20	18시간 40분	18시간 00분	1080	18시간 0분

## &lt;표 계속&gt;

업체명	노선번호	기점기준 첫차 (HHMM)	기점기준 막차 (HHMM)	종점기준 첫차 (HHMM)	종점기준 막차 (HHMM)	기점기준 운행시간 (HHMM)	종점기준 운행시간 (HHMM)	운행시간 평균 (MM)	운행시간평균 (HHMM)
부일교통	15	5:20	24:30	5:20	24:30	19시간 10분	19시간 10분	1150	19시간 10분
	52	5:00	24:26	5:20	24:00	19시간 26분	18시간 40분	1120	18시간 40분
	53	4:40	24:10	5:00	24:35	19시간 30분	19시간 35분	1175	19시간 35분
	55	5:00	23:55	5:15	24:10	18시간 55분	18시간 55분	1135	18시간 55분
	55-1	5:00	23:58	5:12	24:10	18시간 58분	18시간 58분	1138	18시간 58분
	56	4:55	24:00	5:15	24:40	19시간 05분	19시간 25분	1165	19시간 25분
	56-1	5:00	24:15	5:00	24:15	19시간 15분	19시간 15분	1155	19시간 15분
	57	5:00	23:45	5:30	24:15	18시간 45분	18시간 45분	1125	18시간 45분
	57-1	5:00	23:45	5:50	24:15	18시간 45분	18시간 25분	1105	18시간 25분
	66	5:30	24:15	5:30	24:15	18시간 45분	18시간 45분	1125	18시간 45분
청우운수	58	5:30	24:04	5:30	24:16	18시간 34분	18시간 46분	1126	18시간 46분
	58-1	7:30	8:05	7:55	8:30	0시간 35분	0시간 35분	35	0시간 35분
	59	5:10	23:26	5:25	24:10	18시간 16분	18시간 45분	1125	18시간 45분
	59-1	5:05	23:20	5:20	24:05	18시간 15분	18시간 45분	1125	18시간 45분
	60	5:00	23:30	5:40	24:10	18시간 30분	18시간 30분	1110	18시간 30분
	60-1	5:00	23:30	5:40	24:10	18시간 30분	18시간 30분	1110	18시간 30분
성광운수	19	5:10	23:40	5:10	24:00	18시간 30분	18시간 50분	1130	18시간 50분
	20	5:10	24:08	5:55	23:45	18시간 58분	17시간 50분	1070	17시간 50분
	27	5:10	24:10	5:35	24:00	19시간 00분	18시간 25분	1105	18시간 25분
	95	4:30	23:30	5:10	24:15	19시간 00분	19시간 05분	1145	19시간 5분
부천버스	10	4:30	23:20	5:10	24:05	18시간 50분	18시간 55분	1135	18시간 55분
	83	4:30	24:50	5:25	25:55	20시간 20분	20시간 30분	1230	20시간 30분
	88	3:50	23:20	4:30	24:57	19시간 30분	20시간 27분	1227	20시간 27분
도원교통	12-1	5:02	23:59	5:00	23:59	18시간 57분	18시간 59분	1139	18시간 59분
	50	4:50	23:59	5:00	23:30	19시간 09분	18시간 30분	1110	18시간 30분
	50-1	4:50	23:59	5:00	23:30	19시간 09분	18시간 30분	1110	18시간 30분

- 버스 노선별 운행시간은 BMS Data를 활용하여 기점에서의 첫 번째 기록시간과 종점에서의 마지막 기록시간의 차이로 산출하며 결과는 <표 5-50>과 같음
- 부천시 시내버스의 평균 운행시간은 98분(1시간 38분)으로 나타남
- 일일 주행시간(운행시간에 일일 운행횟수를 곱하여 산출)은 노선당 평균 1일 219시간 11분 운행되는 것으로 나타남

&lt;표 5-50&gt; 노선별 실측 일일 운행시간 및 지역 내 일일 운행시간 총합

업체명	노선번호	첫번째 기록시간 (HH:MM)	마지막 기록시간 (HH:MM)	실측평균 운행시간 (HH:MM)	일일 운행횟수 (회/일)	일일 주행시간 (MM)	일일주행시간 (HH:MM)	지역내 주행시간 총합 (HH:MM)
소신여객	700	12:10	14:27	2시간 16분	84	11,424	190시간 24분	11,616시간 56분
	11	8:56	10:17	1시간 20분	61	4,880	81시간 20분	
	12	14:18	16:37	2시간 18분	69	9,522	158시간 42분	
	16	9:47	11:18	1시간 31분	162	14,742	245시간 42분	
	220	9:56	11:47	1시간 50분	80	8,800	146시간 40분	
	23	8:53	10:40	1시간 47분	150	16,050	267시간 30분	
	23-1	11:06	13:43	2시간 37분	65	10,205	170시간 5분	
	23-2	11:33	13:09	1시간 36분	195	18,720	312시간 0분	
	23-5	9:43	11:33	1시간 49분	42	4,578	76시간 18분	
	25	-	-	-	-	-	-	
	3	16:26	18:15	1시간 48분	125	13,500	225시간 0분	
	33	-	-	-	-	-	-	
	5	11:48	13:50	2시간 02분	155	18,910	315시간 10분	
	5-3	15:30	16:02	12시간 32분	205	6,560	109시간 20분	
	5-4	10:42	11:27	12시간 44분	57	2,508	41시간 48분	
	5-5	9:48	10:58	1시간 10분	64	4,480	74시간 40분	
	5-6	10:55	11:40	12시간 45분	100	4,500	75시간 0분	
	6	14:29	15:15	12시간 46분	109	5,014	83시간 34분	
	6-1	9:33	10:25	12시간 52분	48	2,496	41시간 36분	
	6-2	11:34	12:40	1시간 06분	90	5,940	99시간 0분	
	70	13:32	16:03	2시간 30분	95	14,250	237시간 30분	
	70-2	12:10	14:29	2시간 19분	222	30,858	514시간 18분	
	70-3	13:19	15:37	2시간 18분	144	19,872	331시간 12분	
	71	14:31	16:41	2시간 09분	90	11,610	193시간 30분	
	7-1	14:20	14:58	12시간 37분	137	5,069	84시간 29분	
	7-3	10:02	11:55	1시간 52분	80	8,960	149시간 20분	
	7-4	11:30	12:53	1시간 22분	100	8,200	136시간 40분	
	75	11:38	14:53	3시간 14분	105	20,370	339시간 30분	
	8	12:05	14:29	2시간 23분	53	7,579	126시간 19분	
	96	14:32	15:23	12시간 50분	47	2,350	39시간 10분	
	96-1	9:54	10:52	12시간 57분	47	2,679	44시간 39분	

## &lt;표 계속&gt;

업체명	노선번호	첫번째 기록시간 (HH:MM)	마지막 기록시간 (HH:MM)	실측평균 운행시간 (HH:MM)	일일 운행횟수 (회/일)	일일 주행시간 (MM)	일일주행시간 (HH:MM)	지역내 주행시간 총합 (HH:MM)
부일교통	15	12:36	16:46	4시간 10분	160	40,000	666시간 40분	
	52	13:49	15:39	1시간 50분	150	16,500	275시간 0분	
	53	10:12	11:51	1시간 39분	156	15,444	257시간 24분	
	55	10:55	11:34	12시간 39분	216	8,424	140시간 24분	
	55-1	12:18	12:45	12시간 27분	117	3,159	52시간 39분	
	56	13:04	14:47	1시간 42분	156	15,912	265시간 12분	
	56-1	18:20	19:44	1시간 24분	120	10,080	168시간 0분	
	57	10:18	11:00	12시간 42분	150	6,300	105시간 0분	
	57-1	12:23	12:57	12시간 34분	140	4,760	79시간 20분	
	66	9:24	10:48	1시간 23분	107	8,881	148시간 1분	
청우운수	58	10:07	10:28	12시간 20분	180	3,600	60시간 0분	11,616시간 56분
	58-1	—	—	—	—	—	—	
	59	10:25	12:15	1시간 50분	107	11,770	196시간 10분	
	59-1	12:56	14:50	1시간 54분	105	11,970	199시간 30분	
	60	9:53	11:07	1시간 14분	158	11,692	194시간 52분	
	60-1	16:56	18:49	1시간 52분	156	17,472	291시간 12분	
성광운수	19	15:32	16:30	12시간 57분	77	4,389	73시간 9분	
	20	—	—	—	—	—	—	
	27	15:14	15:37	12시간 22분	228	5,016	83시간 36분	
	95	13:26	15:03	1시간 36분	162	15,552	259시간 12분	
부천버스	10	13:16	15:00	1시간 44분	255	26,520	442시간 0분	
	83	15:01	17:37	2시간 36분	200	31,200	520시간 0분	
	88	13:36	17:15	3시간 39분	290	63,510	1,058시간 30분	
도원교통	12-1	15:10	17:32	2시간 21분	195	27,495	458시간 15분	
	50	8:59	11:08	2시간 08분	204	26,112	435시간 12분	
	50-1	14:33	16:45	2시간 12분	126	16,632	277시간 12분	

- 부천시 시내버스의 노선별 평균 표정속도(노선연장에 운행시간을 나누어 산출)는 약 8.6km/h(노선연장(km) 가중평균)로 산출됨

&lt;표 5-51&gt; 노선별 표정속도

업체명	노선번호	노선 연장 (km)	노선 주행시간 (MM)	표정속도(km/h)
소신여객	700	26	136	11.5
	11	10	80	7.5
	12	25	138	11.0
	16	7	91	4.3
	220	17	110	9.3
	23	15	107	8.4
	23-1	12	157	4.6
	23-2	13	96	8.1
	23-5	15	109	8.1
	25	13	—	0.0
	3	19	108	10.3
	33	15	—	0.0
	5	18	122	9.0
	5-3	6	32	10.9
	5-4	12	44	16.9
	5-5	10	70	8.1
	5-6	5	45	6.1
	6	6	46	7.8
	6-1	6	52	6.5
	6-2	9	66	8.5
	70	27	150	10.6
	70-2	22	139	9.3
	70-3	23	138	10.0
	71	19	129	8.7
	7-1	5	37	8.4
	7-3	18	112	9.4
	7-4	14	82	10.1
	75	35	194	10.9
	8	20	143	8.4
	96	9	50	10.9
	96-1	4	57	4.6

## &lt;표 계속&gt;

업체명	노선번호	노선 연장 (km)	노선 주행시간 (MM)	표정속도(km/h)
부일교통	15	6	250	1.5
	52	11	110	6.0
	53	11	99	6.7
	55	4	39	6.8
	55-1	3	27	6.2
	56	10	102	5.7
	56-1	12	84	8.6
	57	5	42	7.3
	57-1	4	34	7.4
	66	10	83	7.2
청우운수	58	3	20	9.0
	58-1	3	—	0.0
	59	14	110	7.4
	59-1	14	114	7.1
	60	17	74	13.4
	60-1	14	112	7.5
성광운수	19	7	57	7.3
	20	11	—	0.0
	27	3	22	7.4
	95	17	96	10.3
부천버스	10	19	104	10.8
	83	26	156	9.8
	88	34	219	9.4
도원교통	12-1	19	141	8.3
	50	17	128	8.0
	50-1	22	132	10.0



#### 4. 대중교통부문 교통망성능평가

- 앞에서 산출한 대중교통부문 교통망성능평가 지표를 바탕으로 부천시 대중교통망에 대하여 대중교통 인프라공급 및 운영체계의 문제점을 진단함
- 부천시는 6개의 버스운수업체가 776대(인가 기준)의 버스로 57개의 시내버스 노선을 운영 중임

<표 5-52> 부천시와 서울시 버스 서비스 공급 지표 비교

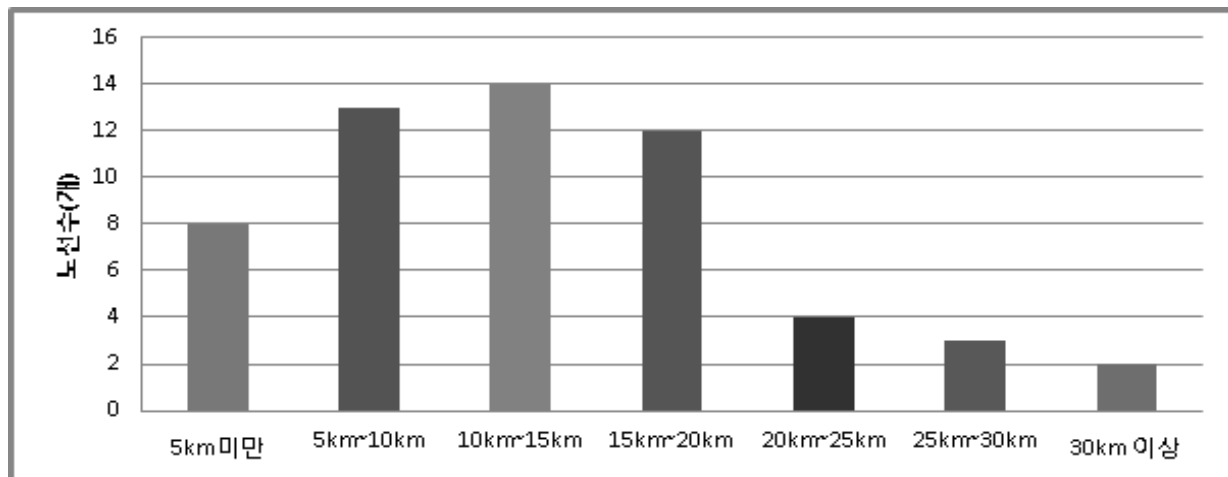
구 분	부천시	서울시
면적(km <sup>2</sup> )	53.45	605.25
버스업체수(개소)	6	66
노선수(개)	57	363
인가대수(대)	776	7,534
업체당 보유 버스 대수(대)	129	114
노선당 평균 운행거리(km)	13.4	36.0
정류소 수(개소)	1,129	6,060
단위면적 당 정류소 수(개소/km <sup>2</sup> )	21	10

자료 : 서울시(2012), 『제2차 서울특별시 대중교통계획』

- 부천시는 업체별 평균 129대의 버스를 보유중이며, 노선당 평균 13.4km를 운영중에 있음
- 서울시는 66개 업체가 7,534대(인가 기준)의 버스로 363개 노선을 운영, 업체별 평균 114대의 버스를 보유중이며, 노선당 평균 운행거리(노선 연장)은 36.0km임
- 서울시 면적(605.25km<sup>2</sup>)과 부천시 면적(53.45km<sup>2</sup>)을 감안할 때 부천시 시내버스의 노선 당 운행거리는 다소 긴 편임
- 부천시 내 버스정류소는 총 1,129개소가 있고, 단위면적당 버스정류장 개수는 21개가 운영 중
  - 서울시는 단위면적당 10개의 버스정류장(2011년 12월 기준)을 운영 중
  - 서울시는 버스와 9개 노선의 지하철이 운영 중이므로 단순 비교는 어렵지만, 버스 서비스만 볼 때, 부천시의 버스접근성은 우수하다고 볼 수 있음

&lt;표 5-53&gt; 버스 유형별 노선연장에 따른 노선 분포현황개)

구분	직행좌석		일반버스	
	노선연장	비율	노선연장	비율
5km미만	0	0%	8	14%
5km~10km	0	0%	13	23%
10km~15km	0	0%	14	25%
15km~20km	0	0%	12	21%
20km~25km	0	0%	4	7%
25km~30km	1	100%	3	5%
30km 이상	0	0%	2	4%
합 계	1	100%	56	100%



&lt;그림 5-29&gt; 버스 유형별 노선연장에 따른 노선개수개)

- 부천시 시내버스의 대부분이 부천과 서울 간 운영하여 노선 인가거리(운행거리) 중 부천시 내부 운행거리를 구분하여 살펴봐야하겠으나, 부천시 남북축의 거리가 8km 내외인 점을 감안할 때 부천시 시내버스는 간지선 체계로 위계가 갖추어져 있지 않아 개별 노선의 운행거리가 길고 노선 중복이 많은 것을 알 수 있음
- 노선의 운행거리가 긴 특성은 노선굴곡도로도 살펴볼 수 있는데, 부천시 버스노선의 굴곡도는 1.58(2011년 기준)로 경기도 평균(1.32)보다 높은 수준임

&lt;표 5-54&gt; 부천시 시내버스 노선굴곡도 비교

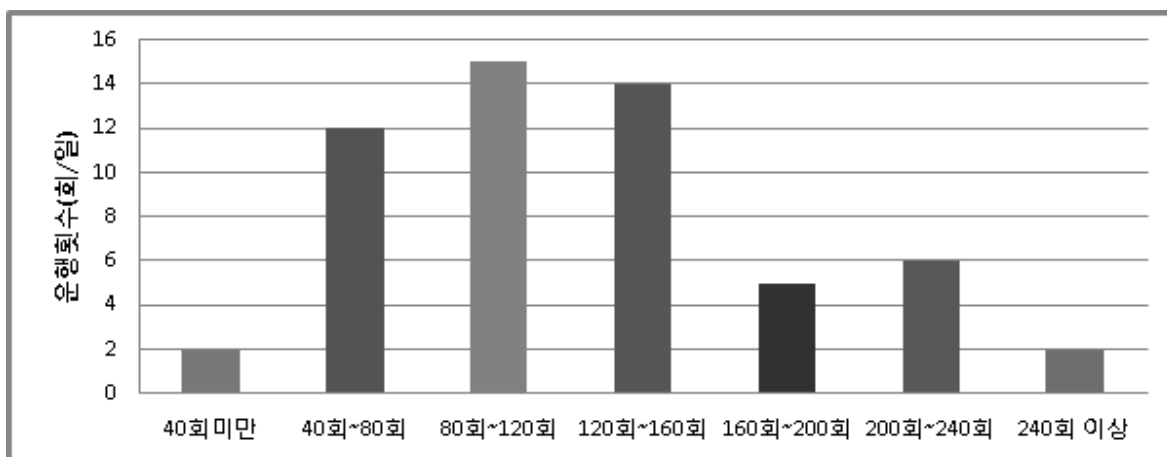
구분	경기도	부천시	경기도내 인근 지자체		
			시흥시	광명시	김포시
노선굴곡도(2011년기준)	1.32	1.58	1.63	1.31	1.20

자료 : 부천시(2012), 『부천시 도시교통정비 기본계획』, p.340(경기도 버스운송관리시스템(<http://gbrms.gg.go.kr>) 재 인용).

- 부천시 시내버스의 노선당 평균 1일 운행횟수는 124.5회, 배차간격(인가 기준)은 11.1분으로 노선연장에 비하여 버스 이용을 위한 대기시간이 길어, 부천시의 버스체계를 간지선으로 위계를 나누어 운영하는 것이 좋을 것으로 판단됨

&lt;표 5-55&gt; 버스 유형별 버스운행횟수 분포현황

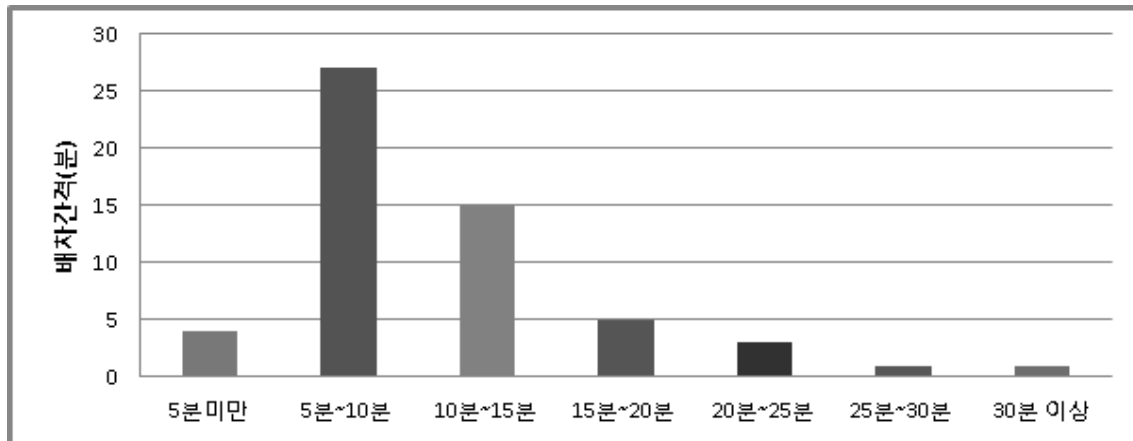
구분	직행좌석		일반버스	
	운행횟수	비율	운행횟수	비율
40회미만	0	0%	2	4%
40회~80회	0	0%	12	21%
80회~120회	1	0%	14	27%
120회~160회	0	0%	14	25%
160회~200회	0	100%	6	9%
200회~240회	0	0%	6	11%
240회 이상	0	0%	2	4%
합 계	1	100%	56	100%
평 균	84.0	—	125.5	—



&lt;그림 5-30&gt; 버스 유형별 버스운행횟수 분포

&lt;표 5-56&gt; 버스 유형별 배차간격 분포현황

구분	직행좌석		일반버스	
	배차간격	비율	배차간격	비율
5분미만	0	0%	4	7%
5분~10분	0	0%	27	48%
10분~15분	0	0%	15	27%
15분~20분	0	0%	5	9%
20분~25분	1	100%	3	5%
25분~30분	0	0%	1	2%
30분 이상	0	0%	1	2%
합 계	1	100%	56	100%
평 균	14.4	—	11.0	—

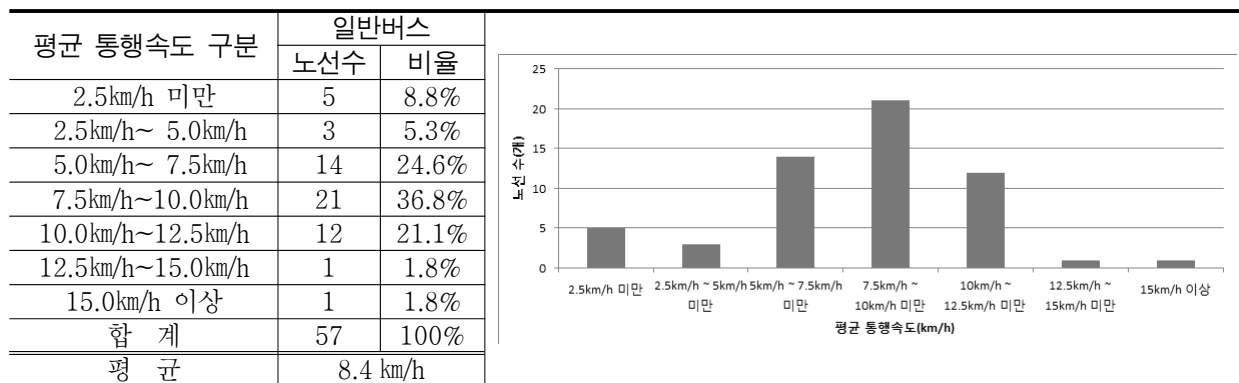


<그림 5-31> 버스 유형별 배차간격 분포

- 부천시 시내버스의 지·간선체계 부재와 개별 노선의 긴 운행거리는 『부천시 제2차 지방대중교통계획』에서도 제기되고 있는 문제점인데, 여기에서는 부천시 버스노선의 문제점을 다음과 같이 지적하고 있음
  - － 부천시 관내 버스노선은 대부분 관내를 운행하고 있는 일반시내버스로 구성되어 있으며, 관내의 내부통행 수요처리를 중심으로 서울과 인천의 근거리 통행에 국한되어 있음
  - － 행정구역 면적이 좁은 부천시 전지역의 대중교통 수요에 치중되어 노선의 위계와 특성을 반영한 지·간선 노선체계 구축이 미흡한 실정임
- 부천시 버스노선은 내부 주요도로와 보조간선도로를 중심으로 도시 전 지역에 걸쳐 운행되고 있으나, 간선과 지선, 순환 등 기능적 위계가 혼재된 상태로 운행 중
- 또한 서울과 인천 등 인근 대도시로 수요가 집중되는 주요 지역 및 지점을 연결하는 광역간선 기능의 버스노선 부족으로 실질적인 지·간선체계가 매우 미흡한 실정이며, 지역간 광역대중교통 수요를 처리하는 버스노선은 대부분 관외버스로 부천시를 통과하는 노선으로써 부천시민의 이용시 불편을 초래하고 있으며 부천시 주요 교통결절지를 경유하고 있음
- 이에 버스의 기능과 위계를 고려한 버스노선의 개편을 통해 노선체계의 재정립이 필요하지만, 광역간선 기능의 노선 도입을 위해 연계되는 해당 지자체와의 노선협약이 필요함에 따라 부천시 버스노선의 간지선체계 구축의 약점으로 작용할 수 있음
- 부천시 버스의 간지선체계 구축 및 노선개편시 보다 자세한 조사와 검토가 필요하겠지만, 차량의 증편없이 최소한의 비용으로 단기방편을 위해서는 버스 차량운행거리(대·km)와 버스 1일운행시간 및 평균통행속도를 기준으로 간선버스의 기능을 부여할 노선을 검토할 수 있음

- 도시내 버스의 지간선체계 구축 및 버스의 기능 및 위계 구분을 위해서는 통행 수요의 지역적 분포와 현재 노선 버스 운행구간의 공간적 분포 등 다양한 요소를 고려하여야 함
- 본 연구에서 제시하는 방안은 최소한의 비용으로 가능한 단기적인 방안임
- 부천시 관내 시내버스의 대부분이 부천시 전역을 운행하므로, 평균통행속도가 비교적 높은 노선에 간선 기능을 우선 부여하는 것도 고려해볼직 함
- 평균통행속도 10km/h 이상인 14개 노선(700, 12, 3, 5-3, 5-4, 70, 70-3, 7-4, 75, 96, 60, 95, 10, 50-1)에 간선버스 기능을 부여할 수 있음

&lt;표 5-57&gt; 버스 노선별 평균통행속도 분포



&lt;표 5-58&gt; 노선별 차량주행거리 차량운행시간 및 평균통행속도

업체명	노선번호	차량주행거리 (대 · km/일)	노선 주행시간 (대 · 시/일)	평균통행속도 (km/h)
소신여객	700	2,184	190.4	11.5
	11	610	81.3	7.5
	12	1,739	158.7	11.0
	16	1,053	245.7	4.3
	220	1,360	146.7	9.3
	23	2,250	267.5	8.4
	23-1	780	170.1	4.6
	23-2	2,516	312.0	8.1
	23-5	622	76.3	8.1
	25	900	—	—
	3	2,313	225.0	10.3
	33	540	—	—
	5	2,837	315.2	9.0
	5-3	1,189	109.3	10.9
	5-4	707	41.8	16.9
	5-5	608	74.7	8.1
	5-6	460	75.0	6.1
	6	654	83.6	7.8

## &lt;표 계속&gt;

소신여객	6-1	269	41.6	6.5
	6-2	846	99.0	8.5
	70	2,518	237.5	10.6
	70-2	4,773	514.3	9.3
	70-3	3,312	331.2	10.0
	71	1,683	193.5	8.7
	7-1	712	84.5	8.4
	7-3	1,400	149.3	9.4
	7-4	1,380	136.7	10.1
	75	3,717	339.5	10.9
	8	1,060	126.3	8.4
	96	428	39.2	10.9
	96-1	207	44.7	4.6
부일교통	15	1,008	666.7	1.5
	52	1,650	275.0	6.0
	53	1,716	257.4	6.7
	55	950	140.4	6.8
	55-1	328	52.7	6.2
	56	1,513	265.2	5.7
	56-1	1,452	168.0	8.6
	57	765	105.0	7.3
	57-1	588	79.3	7.4
	66	1,059	148.0	7.2
청우운수	58	540	60.0	9.0
	58-1	12	-	-
	59	1,445	196.2	7.4
	59-1	1,418	199.5	7.1
	60	2,607	194.9	13.4
	60-1	2,184	291.2	7.5
성광운수	19	531	73.2	7.3
	20	1,018	-	-
	27	616	83.6	7.4
	95	2,673	259.2	10.3
부천버스	10	4,794	442.0	10.8
	83	5,100	520.0	9.8
	88	9,918	1,058.5	9.4
도원교통	12-1	3,783	458.3	8.3
	50	3,468	435.2	8.0
	50-1	2,772	277.2	10.0

## 제6장 교통망성능평가를 위한 가이드

---

제1절 자료수집의 한계 및 개선방안

제2절 차량주행거리 산정을 위한 가이드

제3절 교통망성능평가를 위한 가이드





## 제6장 교통망성능평가를 위한 가이드

### 제1절 자료수집의 한계 및 개선방안

#### 1. 교통Data 수집의 한계 및 개선방안

- 본 연구에서 자동차부문 교통망성능평가 지표 산출을 위해 통행속도(Actual Travel Speed), 교통량(Vehicle Volume), 자유통행속도(Free-Flow Travel Speed) 및 혼잡기준속도 정의, 재차인원의 4가지를 필요 Data로 제시한 바 있음
- 중앙정부와 지자체가 각각 구축한 ITS시스템으로 통행속도에 대한 Data 수집은 다소 원활하게 이루어지고 있음(김찬성, 2013)
  - 교통소통정보를 수집하는 장치(Vehicle Detection System, VDS)의 종류 및 설치 현황을 관리 주체별로 살펴보면, 일반국도는 대부분 영상검지기를 통해 속도 정보를 수집하는 반면, 지자체 관할 도로에서는 영상·루프·레이더 등의 다양한 검지기를 통해 속도 자료를 수집하고 있음
  - 전체 설치비율은 영상검지기가 76.5%로 가장 많고, 루프검지기가 20.0%, 레이더 검지기가 3.5% 수준을 나타내고 있으며,
  - 서울과 대전 등 일부 지자체에서는 Probe 차량을 이용하여 속도 정보를 수집하고 있음
- 교통량Data는 속도Data에 비하여 수집Data가 풍부하지 못함
  - 중앙정부 차원에서 추진된 ITS 구축사업의 일환으로 설치된 ITS센터 DB에서 교통량Data가 수집되고 있으며, 고속도로에는 100% 구축되어 있고, 국도(19%)와 도심부 도로(9.4%)는 구축비율이 높지 않음
  - 지역간 교통량의 경우 한국도로공사와 한국건설기술연구원에서 지속적으로 교통량Data를 수집하고 있음
  - 도심부 교통량의 경우 5대 광역시와 ITS 구축 중소도시에서 교통량 수집을 위해 루프 검지기(Loop Detector)를 설치하였으나 활용이 저조한 실정임
  - 수도권을 포함한 5대 광역시에서는 아직까지 인력식 조사에 의존하고 있으며 연 1회 조사하여 DB를 구축하고 있음<sup>1)</sup>

&lt;표 6-1&gt; 속도Data 수집현황 및 문제

구분	현황	문제점	개선방안
중앙정부: 국토교통부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상: 고속국도, 국도, 지방도(지자체)</li> <li>- 수집방법: 지점검지 이용(해당 지점에 한해서는 전 수조사)</li> <li>- 수집자료: 지점속도</li> <li>- 배포: 홈페이지/모바일, ARS(1333), KIOSK</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이력관리가 이루어지지 않음</li> <li>- 국가교통정보센터에서는 수집되는 자료에 대한 결측 및 오류에 대한 검증 절차 없이 수신된 자료를 기반으로 소통정보를 제공하기 때문에 자료의 신뢰성이 많이 떨어짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이력자료 관리를 통한 부가정보 창출</li> <li>- 교통자료 관리를 위한 Quality Control기준 체계 확보</li> </ul>
중앙정부: 경찰청	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상: 고속국도, 시고속도로, 국도, 시내도로</li> <li>- 수집방법: UTIS 단말기를 장착한 Probe Vehicle(순찰차, 택시 등 표본조사)</li> <li>- 배포: 포털, 언론사, 통신사, 홈페이지/모바일, ARS(1644-5000)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 프로브 차량 위주의 속도 정보 수집으로 샘플수가 많지 않은 지역의 경우 신뢰성이 떨어짐</li> <li>- 국토교통부에서 추진하고 있는 ITS와 상충</li> </ul>	
민간업체	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이동통신사: GPS자료기반 속도자료 수집</li> <li>- 네비게이션업체: 실시간 수집은 안되나, 이용자가 지도 Update시 인터넷과 연결되면 주행정보 수집</li> <li>- 속도수집전문업체: 콜택시 등 프로브 차량을 이용하여 속도자료 수집하여 도로공사나 포털업체에 제공</li> <li>- 방송사: TPEG를 통해 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공공제인 소통정보 수집을 위해 민간에서 비용을 투자하기 때문에 서비스 제공을 위한 추가 비용 발생</li> </ul>	

자료: 김찬성(2013), 빅데이터(Big Data) 시대의 KTDB 발전방향, 월간교통 통권 제183호, 2013년 5월호, p.7.

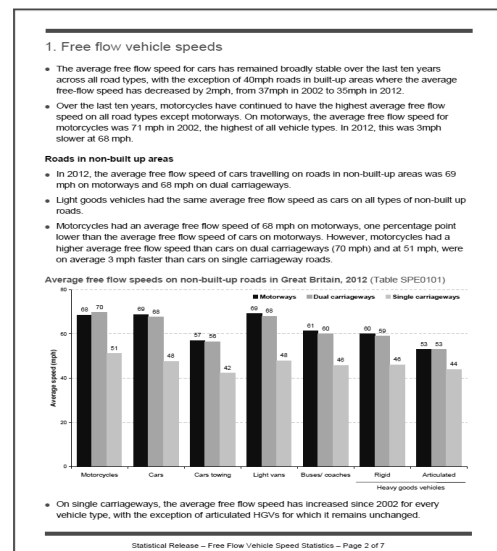
&lt;표 6-2&gt; 교통량Data 수집현황 및 문제

구분	현황	문제점	개선방안
중앙정부: 국토교통부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전국단위 교통량 조사(고속국도, 일반국도, 지방도) 총 관리감독</li> <li>- 한국건설기술연구원 의뢰, 도로교통량 통계연보를 작성하여 1년 단위로 배포</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통량 수집체계의 일관성 및 자료의 신뢰성 문제</li> <li>- 자료 공유 체계의 문제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통자료 관리를 위한 Quality Control 기준 체계 확보</li> <li>- 지방정부 교통량 모니터링을 위한 지원체계 구축</li> </ul>
5대 광역시 (대전 제외)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도시내 주요 간선도로 및 교차로, 시계유출입 지점에서 교통량을 조사 실시하고 있으며, 1년 단위로 배포</li> <li>- ITS 시스템이 구축되어 있으나, 교통량 수집은 자동검지+인력식으로 별도 진행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 서울시를 제외하고 거의 수시조사를 통해 교통량 수집</li> <li>- 도시내부 보다는 외곽 위주로 수집</li> <li>- 차종구분 기준이 지자체마다 다름</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도심부 교통량의 자료 표준화와 양적 부족 문제를 해결해야 함</li> <li>- 교통량 자료를 효율적으로 수집, 저장하여 활용하는 교통 모니터링 체계를 구축하여 단순히 자료만 쌓아놓고 활용하는 수준에서 벗어나 다양한 도로의 성능평가지표를 산출할 수 있도록 해야 함</li> </ul>
ITS 구축 중소도시	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2009년 기준, 특별시 및 광역시를 포함하여 ITS 구축 지자체는 551개이나, 거의 대부분의 지자체에서는 소통정보 제공을 목적으로 속도자료 위주의 교통정보 수집</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지자체 및 정부기관별로 방대한 교통자료를 수집 및 저장하고 있으나, 자료의 활용도 및 연계체계가 매우 저조한 실정임</li> </ul>	

자료: 김찬성(2013), 빅데이터(Big Data) 시대의 KTDB 발전방향, 월간교통 통권 제183호, 2013년 5월호, p.6.

1) 서울시 및 5대 광역시에서는 각 지자체 주도로 교통조사 사업을 추진하고 있음.

- 본 연구에서는 차량주행거리 산정 및 자동차부문 교통망성능평가를 위한 교통량Data 구축 시 공간통계기법을 이용하여 교통량Data를 추정하였으나, 교통량 추정을 위해서는 기본적으로 추정기법 적용을 위한 최소한의 교통량Data가 수집되어야 함
- 우리나라는 특히 도심부 도로의 교통량Data가 매우 부족한 실정이며, 향후 도시의 교통망성능평가를 위해서는 교통량Data의 확보가 가장 시급한 문제임
  - 본 연구에서도 대상도시인 부천시의 교통량Data를 구축하기 위해 부천시에서 2012년 인력에 의존하여 실시한 교통량조사 Data를 바탕으로 교통량Data를 확보하였음
- 자유통행속도에 대한 Data 구축 또한 필요하며, 이를 위해서는 통행속도Data의 통계작성이 법제화 되어야 할 필요가 있음
  - 자유통행속도에 대한 정의는 교통량이 적은 상태, 즉 다른 차량의 방해받지 않는채로 주행이 가능한 상태를 의미하는데, 『도로용량편람』 및 『도로설계기준』 등의 국내 도로 기준과 관련된 자료에는 구체적인 자유통행속도의 기준을 제시하지 않고 있음
  - KTDB는 국가교통DB구축사업을 통해 도로망(Network)과 VDF함수를 제공하고 있는데, VDF함수에 포함된 도로링크의 자유통행속도는 대부분 지역간 도로에 적용되는 것이며 도심부 도로의 자유통행속도에 대한 명확한 정의가 없는 실정임
  - 영국의 경우 정기적으로 도로의 자유통행속도에 대한 통계집을 발간하고 있음



<그림 6-1> 영국 교통국(Department for Transport)의 자유통행속도 통계집

자료 : 영국 교통국(DfT, Department for Transport),

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/209104/free-flow-vehicle-speeds-2012.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/209104/free-flow-vehicle-speeds-2012.pdf)

## 2. 교통Data와 위치정보Data의 연계

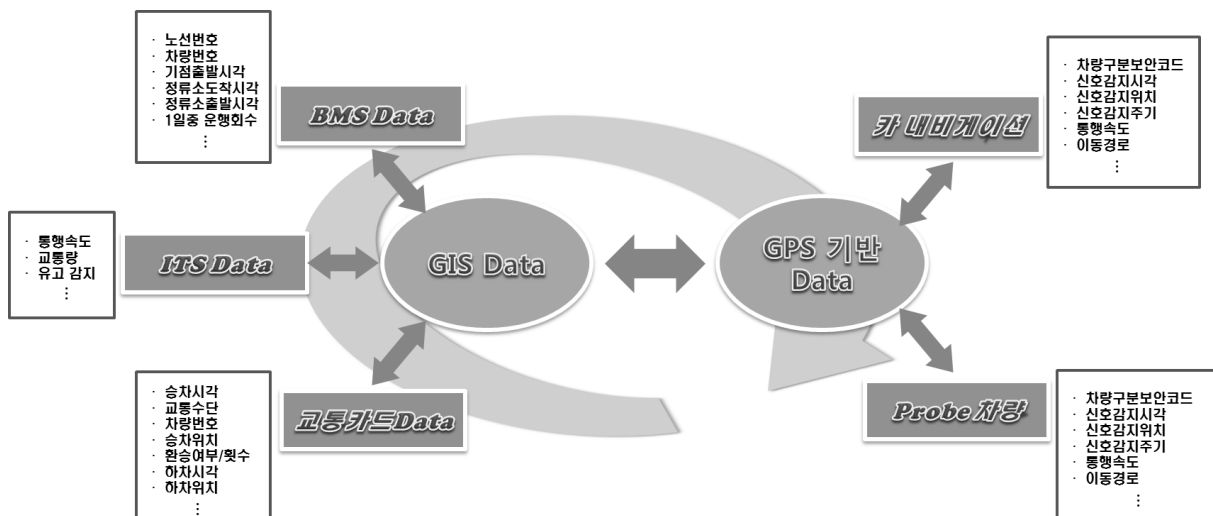
- 자동차부문 교통망성능평가 지표 산출을 위해 필요한 4가지 교통Data(통행속도, 교통량, 자유통행속도 및 혼잡기준속도 정의, 재차인원은 수집지점이 일치하여야 함
- 우리나라는 ITS를 구축한 도시에서도 교통량Data의 수집은 매우 저조한 실정임
- 이는 곧 교통량Data가 확보될 경우 속도Data와 수집방식이 다르다는 것을 의미하는데 이러한 이유로 교통Data와 위치정보Data의 연계는 필수적임
- 별도로 수집된 교통량Data와 속도Data의 수집지점을 일치시키기 위한 Base Layer 기능을 수행하는 위치정보 Data(이하 'GIS Data')는 현재 국토교통부의 ITS표준노드링크와 KTDB의 교통주제도가 있음
- 이들 GIS Data는 좌표계, 노드ID, 링크ID 등의 코드가 일치되어 표준화 되어야 할 필요가 있음<sup>2)</sup>
  - 배포 기관마다 노드나 링크 등 교통망 기반정보에 대한 ID부여 코드를 일치시키거나, 또는 배포 기관별 코드가 다를 경우 코드 매칭표를 별도로 배포하여 교통Data 분석의 신속성·효율성을 확보할 필요가 있음

## 3. 대중교통관련 Data의 통일성

- IT기술의 발달과 교통카드 도입 및 보급의 확대로 우리나라의 대중교통인프라는 세계적인 수준으로 갖추어져있다고 할 수 있음
  - 스마트폰과 인터넷으로 대중교통의 실시간 위치, 도착시각을 파악할 수 있으며,
  - 교통카드의 사용으로 대중교통의 이용이 편리해지고, 수도권외의 경우 수도권 통합요금제 시행으로 대중교통의 이용은 경제적인 교통수단으로 여겨지고 있음
- 대중교통분야에서 IT기술의 발달과 교통카드 사용 확대는 대중교통관련 Data를 풍부하게 만들었음
  - 교통부문에서 수도권 교통카드 Data를 활용한 다양한 연구가 진행되고 있으며, 교통카드 Data의 활용으로 개인의 통행패턴이나 대중교통의 이동성 측정의 정확도가 매우 높아지게 될 수 있는 잠재력을 갖추었음

2) 본 연구에서 확보한 부천시 교통정보센터 ITS Data의 링크ID와 GIS Data의 링크ID도 최초 배포 상태에서는 일치하지 않는 문제점이 있었음.

- 그러나 대중교통과 관련된 시설 및 장비의 관리 주체가 다양하고, 이들 간 Data 공유가 제대로 이루어지지 않고 있음
  - 교통카드 Data는 교통카드사의 협조를 통해 확보 가능하나, 교통카드 Data 중 일부만이 접근 가능함
  - BMS Data는 지자체별로 운영 중인 센터 DB에서 관리하고 있음
- 자료 관리 주체별로 수집·저장·관리 체계가 불일치하는 문제점이 발견되며 이러한 문제점은 다양한 교통Data를 분석하는데 비효율적인 요소로 작용함
  - BMS 및 교통카드 Data는 양이 매우 방대하기 때문에 버스노선ID, 버스차량ID, 정류소ID, 운수업체ID를 구분하는 방식·Data Type·구조 등이 BMS Data와 교통카드에서 다를 경우 분석시간이 매우 오래 소요됨
- 이들 Data의 구분방식, Data Proto Type, 아키텍처 등을 표준화하고 개별 관리 주체간 자료 호환이 용이하도록 해야함
  - 도시 광역화와 향후 전국 통합 대중교통체계 구축을 위해서라도 대중교통 관련 Data들의 수집·저장·관리 체계를 표준화 시킬 필요가 있음
- Data 표준화는 BMS Data, ITS Data, 교통카드 Data, 차량 내비게이션 Data 등으로부터 수집되는 정보를 다양하게 활용할 수 있도록 하는 기초임



<그림 6-2> 교통Data의 호환 및 공유 개념도

## 제2절 차량주행거리 산정을 위한 가이드

### 1. 개요

- 본 연구는 대상도시인 부천시에 대하여 차량주행거리를 산정하고 인구규모가 유사한 인구 50만~100만급 도시의 효율적인 차량주행거리산정을 위한 가이드라인을 제시함
- 효율적인 차량주행거리 산정을 위한 가이드라인의 개요는 다음과 같음
  - － 대상: 인구 50만~100만의 도시
  - － 차량주행거리산정방법: 대상도시의 교통량자료 확보율에 따라 HPMS방법 및 회귀크리깅 적용
  - － 표본추출방법: 층화표본추출
  - － 표본배분방법: 층별 교통량 변동계수를 고려한 표본배분방법 적용
  - － 층 구분방법: 대상도시의 교통량 자료 확보율에 따라 설정함
  - － 층의 개수: 대상도시의 교통량 자료 확보율에 따라 설정함
  - － 층별 조사지점수: 도로기능에 따른 목표정확도를 설정하여 결정함

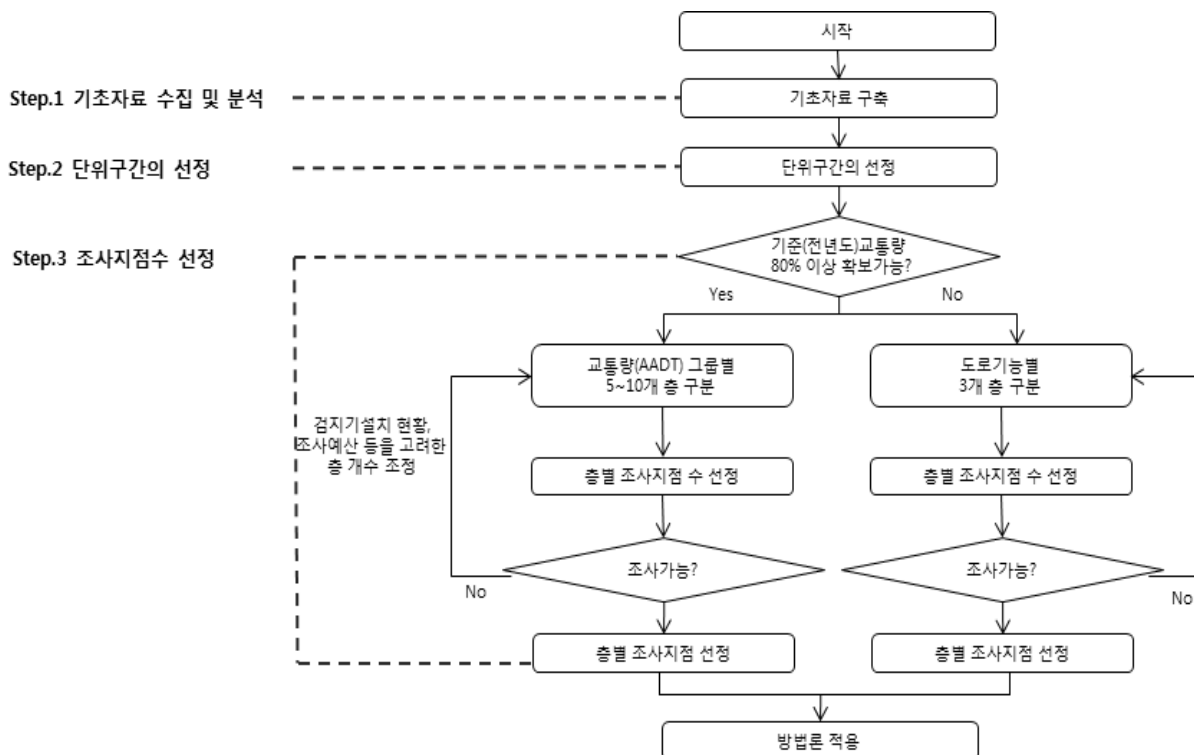
<표 6-3> 대상도시 현황에 따른 효율적인 차량주행거리 산정 가이드라인

구분	대상도시 현황	적용방법
차량주행거리 산정방법	전체 단위구간 대비 교통량자료 확보율 30%미만	회귀크리깅 방법 (층별 회귀크리깅 적용)
	전체 단위구간 대비 교통량자료 확보율 30%이상	HPMS 방법
표본추출방법	—	층화표본추출
표본배분방법	층별 AADT 변동계수 산정불가능	구간수비례 표본배분방법
	층별 AADT 변동계수 산정가능	변동계수 고려한 표본배분방법
층 구분방법	전체 단위구간 대비 교통량자료 확보율 80%미만	도로기능별 층 구분
	전체 단위구간 대비 교통량자료 확보율 80%이상	AADT 그룹별 층 구분
층의 개수	전체 단위구간 대비 교통량자료 확보율 80%미만	도로기능에 따른 3개층구분
	전체 단위구간 대비 교통량자료 확보율 80%이상	AADT 그룹에 따른 5개~10개층구분
층별 조사지점수	—	도로기능에 따른 목표정확도 설정

- 효율적인 차량주행거리 산정을 위한 가이드라인은 자료수집단계와 방법론적용 단계로 구분함

## 2. 조사기획 및 설계 단계

- 본 연구는 효율적인 차량주행거리 산정을 위해 교통량자료를 수집하기 위한 조사기획 및 설계 단계에서의 가이드라인을 제시하고자 함
- 부천시를 대상으로 수행한 차량주행거리 민감도 분석결과에 따라 향후 부천시 및 유사규모 타도시의 차량주행거리 산정을 위한 적절한 교통량 조사방법을 제시함
  - － 대상도시의 검지기 설치현황 및 조사예산 등을 고려한 층 구분방법 및 층 개수 선정
- 조사기획 및 설계 단계의 전체적인 흐름은 <그림 6-3>과 같음. 조사기획 및 설계 단계의 과정은 3단계로 구성됨



<그림 6-3> 조사기획 및 설계단계

- 기초자료 수집 및 분석 단계에서는 차량주행거리 산정을 위한 대상지(도시)를 선정하고 대상지의 사회경제지표, 도로현황 및 교통량자료 수집현황 등을 파악하는 단계임
  - － 차량주행거리 산정을 위해 대상도시의 교통량자료 수집현황의 파악은 필수적임
  - － 대상도시의 교통량자료 수집현황을 파악하고 그에 따른 적절한 차량주행거리 산정방법을 선정해야 함



- 또한, 도로의 기하구조특성(연장, 차로수, 제한속도, 주간선도로 접촉여부, 도로유형, 도로기능 등) 및 교통류특성(통행속도, 차종비율 등)도 향후 단위구간 선정이나 회귀크리깅 적용 시 회귀모형 구축에 이용되는 자료이므로 체계적인 자료수집이 필요함
- 단위구간 선정은 대상도시의 차량주행거리 산정 대상 도로구간을 도로기하구조특성(물리적 측면) 및 교통류특성(운영적 측면)이 동질한 구간별로 구분하거나 신호교차로 기준으로 도로구간을 구분하는 단계임
  - 대상도시의 도로구간을 교통류특성(교통량, 속도)과 도로기하구조 특성(도로유형, 신호교차로 간격, 차로수) 및 신호교차로 기준으로 구분이 가능해야 함
  - 교통량자료 구축 및 확보여부, 적용 용이성 등을 감안하여 단위구간을 선정해야 함
  - 민감도 분석결과 부천시외의 경우, 신호교차로 기준으로 단위구간을 구분하여 차량주행거리를 산정하는 것이 비용대비 차량주행거리 정확도가 높은 것으로 나타남
- 조사지점수 선정은 대상도시의 현황을 검토하여 층 구분방법 및 층별 조사지점수를 선정하는 단계임
  - 대상도시의 기준(전년도)교통량 확보여부에 따라 층화표본추출을 위한 층 구분방법을 결정함
  - 대상도시 단위구간 수의 80%이상의 구간에 대해 기준(전년도) 교통량 확보 시 단위구간을 연평균일교통량(AADT)에 따른 n개의 층으로 구분하고, 80% 이하의 기준(전년도) 교통량 확보 시 도로기능별(고속도로 및 도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로) 3개의 층으로 구분함
  - AADT 층 구분시에는 검지기설치 현황이나 조사예산등을 고려하여 층의 개수를 5~10개에서 결정함
  - 층 구분방법이 결정되면 차량주행거리의 목표정확도를 설정하고 그에 따른 층별 조사지점수를 설정하여야 함. 미국 HPMS는 차량주행거리 산정 시 <표 6-4>와 같이 대상도시 규모 및 도로기능에 따라 목표정확도를 구분하고 있으며, 그에 따른 표본수를 산정하고 있음. 향후 우리나라에서도 이와 같이 대상도시 규모별, 도로기능별 목표정확도를 설정하여 차량주행거리를 산정해야 함



&lt;표 6-4&gt; 미국 HPMS의 대상도시 규모별, 도로기능별 차량주행거리 목표정확도

구분	Interstate	Other Freeways and Expressways	Other Principal Arterial	Minor Arterial	Major Collector	Minor Collector
Rural	90-5	90-5	90-5	90-10	80-10	-
Small Urban	90-5	90-5	90-5	90-10	80-10	80-10
Urbanized (인구 20만명 미만)	80-10	80-10	80-10	80-10 or 70-15	80-10 or 70-15	80-10 or 70-15
Urbanized (인구 20만명 이상)	90-10	90-10	90-10	90-10	80-10	80-10

주 : 표에서 90-5는 신뢰수준 90%에서 5%의 오차수준을 의미함

자료 : FHWA(2013)), Highway Performance Monitoring System Field Manual

- 전체 단위구간 대비 교통량 자료 확보율이 30% 이상이고 층별 AADT 변동계수를 산정가능한 경우, HPMS 방법론 적용 시 목표정확도 및 변동계수를 고려한 층별 최소표본수 산정식은 다음과 같음

$$n = \frac{\left( \frac{Z^2 C^2}{d^2} \right)}{1 + \left( \frac{1}{N} \right) \left( \left( \frac{Z^2 C^2}{d^2} \right) - 1 \right)}$$

여기서,

n: 최소표본크기

Z: 신뢰수준(C Confidence Level)

C: AADT 변동계수(Coefficient of Variation)

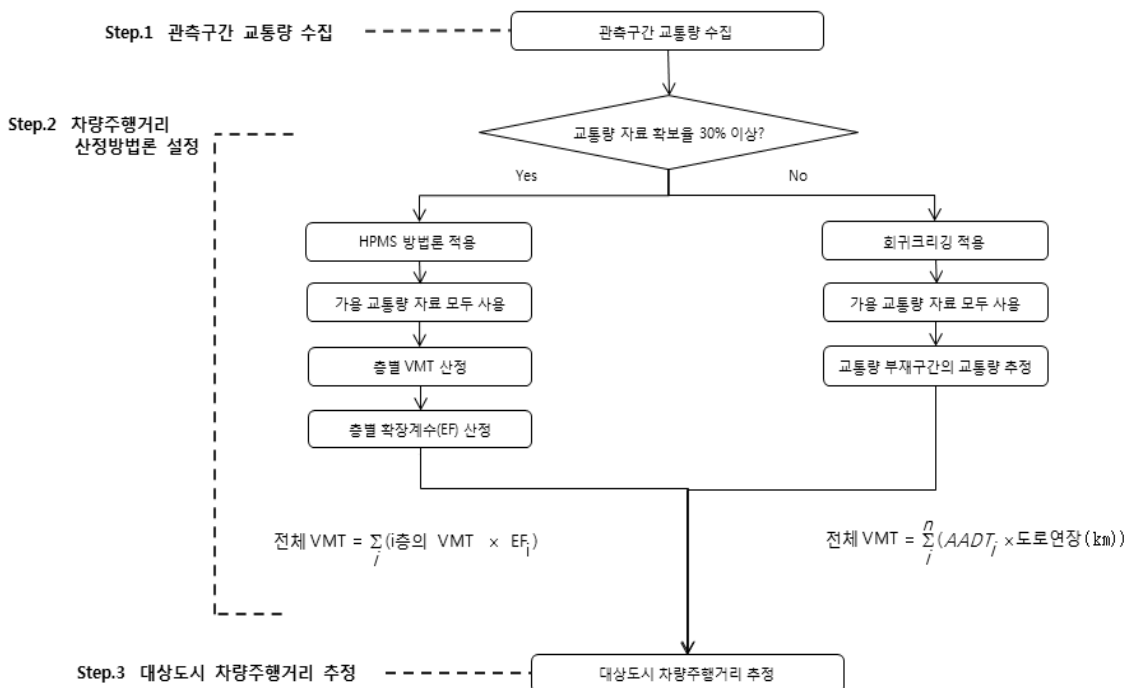
d: 목표 정확도(precision rate)

N: 해당 층의 총 단위구간수

- 전체 단위구간 대비 교통량 자료 확보율이 30% 미만이거나 층별 AADT 변동계수 산정이 불가능한 경우에는 가용 교통량자료를 모두 이용하여 차량주행거리를 산정해야 함. 표본수(조사지점 수)가 너무 적어 차량주행거리 산정이 불가능한 경우에는 전체 단위구간수 대비 최소 20%의 교통량자료를 확보하여야 하며, 층 구분결과에 따라 층별 구간수비례 배분에 따른 층별 조사지점수를 산정하여 교통량자료를 조사하여야 함

### 3. 모형설정 단계

- 본 연구는 효율적인 차량주행거리 산정을 위해 모형추정 및 검증단계에서의 가이드라인을 제시하고자 함
- 부천시를 대상으로 수행한 차량주행거리 민감도 분석결과에 따라 향후 유사규모 타도시의 차량주행거리 산정 시 모형추정 및 검증단계에서의 가이드라인을 <그림 6-4>와 같이 제시함. 모형추정 및 검증단계의 과정은 3단계로 구성됨
- 관측구간 교통량 수집 단계에서는 양방향 교통량 수집이 가능한 구간을 대상으로 교통량을 수집하는 단계임. 향후 차량검지기를 통한 교통량 수집 시 검지기의 교통량 계측 오차보정이 필요함
- 차량주행거리 산정방법론 설정 단계에서는 대상도시의 교통량 자료 확보율과 층별 AADT 변동계수 산정가능여부에 따라 차량주행거리 산정방법론을 제시함
  - － 교통량 자료 확보율이 30%이상인 경우, 가용 교통량자료를 이용하여 HPMS 방법론을 적용함
  - － 교통량 자료 확보율이 30%미만인 경우, 회귀크리깅을 적용하여 차량주행거리를 산정해야 함



<그림 6-4> 모형추정 및 검증 단계

### 제3절 교통망성능평가를 위한 가이드

#### 1. 교통망성능평가 지표 선정

- 본 연구에서는 자동차부문과 대중교통부문의 교통망성능평가 관련 기존 연구문헌들을 검토하여 각 부문별 교통망성능평가 지표의 Pool을 구축하였음
- 전문가 설문조사를 통해 각 부문별 교통망성능평가 지표 Pool을 평가하여 지표들 간 우선순위 및 중요도를 평가하였음
- 또한 개별 지표별 필요 Data 확보 가능성을 고려하여 각 부문별 최종 교통망성능평가 지표를 선정하였음
- 향후 다른 도시를 대상으로 교통망성능평가를 본 연구에서 선정한 교통망성능평가 지표의 우선순위 및 중요도 평가 결과와 해당 도시에서 확보 가능한 필요Data를 바탕으로 지표를 선정할 수 있음

#### 2. Data 구축

- 각 지표별로 필요 Data의 항목은 다양할 수 있지만, 각 부문별 교통망성능평가 지표 산출을 위한 필요Data는 다음과 같음
  - 자동차부문 교통망성능평가 : 통행속도, 교통량, 자유통행속도 및 혼잡기준속도 정의, 재차 인원, 도로Network
  - 대중교통부문 교통망성능평가 : 지역 관내/관외 버스 업체, 업체별 보유 노선, 노선별 운행 거리, 배차간격, 운행횟수, BMS Data(운행이력), 교통카드 Data(승객 승하차 위치·시각·차량·노선), 정류장 GIS Map Data, 노선별 정류장 기반 노선도 Map
- Data 구축 이후에는 본 연구에서 제시한 지표별 산출방법에 따라 각 부문별 교통망성능평가 지표를 산출함

## 가. 자동차부문 교통망성능평가를 위한 Data 구축

- 자동차부문 교통망성능평가 시 가장 중요한 것은 교통량Data의 구축임
- 본장 제2절에서는 차량주행거리 산정 부문에서 교통량Data 구축을 위한 적정 샘플크기, 교통량 부재 구간의 교통량 추정 방법(회귀분석, 공간통계기법 등)을 제시하였음
- 추정된 교통량은 연평균일교통량(AADT)이므로, 이를 바탕으로 요일별·시간대별 교통량을 재추정해야 함
- 요일별시간대별 교통량 추정을 위해서는 요일변동계수와 1일 중 시간대별 교통량변화정보가 필요함

### 1) 요일변동계수 산정

- 요일변동계수 산출을 위해서는 해당 지역의 요일별 통행패턴변화에 대한 조사를 실시하는 것을 권장하나, 조사 없이 요일변동계수 산출 시에는 인구규모, 종사자수, 지역적 특성 등이 유사한 다른 도시의 요일변동계수를 사용할 수 있음
- 지역적 특성을 구분짓는 요소에는 다양한 항목들이 있지만, 인구규모(연령별 인구규모), 종사자수, 학생수, 차량등록대수, 첨두시 출퇴근통행 특성, 인근 대도시와의 연계성 등을 고려할 수 있음

### 2) 1일 중 시간대별 교통량 변화

- 1일 중 시간대별 교통량 변화를 구분짓는 기준에는 다양한 요소가 있음
  - 도로등급 및 기능
  - 첨두시 통행방향(Directionality), 중방향통행
  - 인접 대도시의 유무, 인접 대도시가 있을 경우 해당도시와 인접 대도시 간 통행방향과 일치하는 방향의 도로와 그렇지 아니한 도로의 통행 패턴은 다름
    - 본 연구의 대상도시인 부천시를 예로 들면, 부천시와 인접 대도시인 서울시간 지리적 위치는 남북으로 위치하므로 부천시 내 가로망 중 남북축의 도로에 교통량이 많으며, 시간대별 변화폭이 큼. 특히 오전·오후 첨두시간대의 비대칭성이 특징임(오전 첨두에는 서울방향 도로에, 오후 첨두에는 부천방향 도로에 교통량이 집중됨)
    - 이에 반해 부천시내 동서축 도로에는 오전·오후 첨두시간대의 대칭성이 나타남
  - 기타 도로 기하구조(직선화 정도, 신호교차로 간격 등)

- 시간대별 교통량 변화를 구분짓는 요소를 기준으로 도로의 유형을 분류하고, 도로 유형별 1일중 시간대별 교통량 변화 비율을 산정함

### 3) 요일별·시간대별 교통량 Data 구축

- 연평균일교통량(AADT)와 요일변동계수, 1일중 시간대별 교통량 변화 비율을 곱하여 요일별·시간대별 교통량 Data를 구축함
- 요일별·시간대별 교통량 Data를 주중 평일과 주말로 구분하거나, 1일 중 첨두시와 비첨두시로 구분하는 것은 분석가의 판단에 따라 설정함

## 나. 대중교통부문 교통망성능평가를 위한 Data 구축

### 1) 대중교통 관련 현황 Data

- 해당 지역 관내 운행 중인 대중교통 운수업체, 보유 버스 대수, 노선, 운행횟수, 배차간격, 첫차시각, 막차시각, 서비스 제공시간 등에 대한 정보를 수집함
- 해당 지역 내 위치하는 버스정류소와 지하철역(지하철 존재 시)의 위치기반 정보를 수집함
- 노선별 통과 정류소와 버스정류소 위치기반 정보를 바탕으로 개별 노선의 단위 운행구간의 거리를 산출하여 구축함<sup>3)</sup>

### 2) BMS Data(버스운행이력)

- BMS가 구축된 도시일 경우, BMS DB관리 센터로부터 BMS Data를 확보하고, 운수업체ID, 노선ID, 버스차량ID, 정류소ID 코드를 교통카드 Data와 매칭함
- 노선별 개별 차량의 운행이력Data와 정류소별 차량 도착·출발 이력 Data를 구축함

### 3) 교통카드 Data(승객 승하차 위치·시각·차량·노선)

- 교통카드 BMS DB관리사로부터 Data 협조 요청 후 Data를 확보하고, 운수업체ID, 노선ID, 버스차량ID, 정류소ID 코드를 BMS Data와 매칭함
- BMS Data와 교통카드 Data를 매칭하여 노선별·차량별 승하차(환승 승차 별도 구분)시각 및 위치(거리 포함)을 산출함

3) 이는 KTDB나 MTA에서 배포하는 Transit Line과 같은 Data를 구축하는 것을 의미함.



## 제7장 결론 및 정책제언

---

제1절 연구결과

제2절 정책제언





## 제7장 결론 및 정책제언

### 제1절 연구결과

- 본 연구는 교통망성능평가를 위한 기초 연구로서, 통행속도, 통행시간에 기반한 교통망성능 평가지표를 개발하고 산출하였으며, 차량이 교통망 내 실제로 주행한 거리인 ‘차량주행거리 (VMT, Vehicle Miles Traveled 또는 VKT, Vehicle Kilometers Traveled)’를 산정하기 위해 교통량 부재 구간의 교통량을 추정하였음
- 불충분한 교통량 자료를 활용하여 차량주행거리를 추정할 경우에 발생할 수 있는 오차발생 원인을 규명하고, 각 원인이 자동차주행거리 추정 정확도에 미치는 영향정도를 정량화하여 효율적인 자동차주행거리 추정방안을 제시하였음
- 시범 대상도시인 부천시를 대상으로 차량주행거리 산정 시 오차발생 원인을 차량주행거리 산정방법, 층 구분방법, 표본크기 및 단위구간 설정방법으로 설정하고 시나리오를 구성하여 민감도분석을 수행하였음. 분석결과를 요약하면 다음과 같음
  - 차량주행거리 산정방법별 민감도 분석결과, 공간통계기법을 이용한 회귀크리깅의 오차율이 2.5%~12.4%로 나타나 다른 추정방법보다 차량주행거리 산정정확도가 우수한 것으로 판단됨. 다만, 표본크기가 30% 이상일 경우, HPMS 방법론 적용시와 오차율 차이가 크지 않음
  - 층 구분방법에 따른 민감도 분석결과, AADT 그룹별 5개층 구분 시 보다 도로기능 3개층 구분 시 차량주행거리 산정이 좀 더 낮은 오차율을 나타냄
  - 전체적으로 표본 크기가 클수록 차량주행거리 산정오차율은 감소하였으며 모든 시나리오에서 표본크기 30%이상에서 오차율 6% 이하로 나타남
  - 단위구간 설정방법은 신호교차로 기준과 도로기하구조 특성을 기준으로 구분하여 차량주행거리 추정 오차율을 분석하였으며, 단위구간 설정에 따른 자동차주행거리 추정 정확도는 큰 차이가 없는 것으로 나타남
- 분석결과의 보완에서는 낮은 표본 크기(30% 이하)에서의 차량주행거리 산정 정확도를 향상시키기 위해 회귀크리깅을 이용한 교통량 추정시 층별 회귀크리깅 적용, 층별 표본배분시 변동계수를 고려한 표본배분방법 적용 등의 보완방법을 적용하여 추가 분석함
  - 회귀크리깅을 이용할 경우, 통합 크리깅 적용보다 층별 크리깅 적용시 오차율이 낮음. 이는

- 층별 크리깅 적용 시, 교통량 차이가 큰 인접도로의 영향을 줄일 수 있기 때문임
- 표본배분방법에 의한 분석결과, 층별 구간수 비례방법보다 층별 변동계수를 고려한 표본배분방법의 오차율이 낮은 것으로 분석됨
  - 민감도 분석을 통해 오차율이 가장 낮은 시나리오를 선정하여 부천시 차량주행거리를 산정함. 부천시 전체의 차량주행거리는 4,226,192 대-km/일로 산정됨. 도로기능별 차량주행거리 산정결과, 고속도로 및 도시고속도로는 1,563,188 대-km/일로 전체의 약 37%를 차지하였고, 주간선도로는 1,016,598대-km/일로 약 24%를 차지하였고, 보조간선도로는 1,646,406대-km/일로 약 39%를 차지함
  - 본 연구에서는 시범 대상도시인 부천시를 대상으로 차량주행거리를 산정하였으며 부천시와 규모가 유사한 타도시 차량주행거리 산정 시의 가이드라인을 제시함
  - 효율적인 차량주행거리 산정 가이드라인은 조사기획 및 설계단계와 모형추정 단계로 구분하여 제시함
    - 조사기획 및 설계단계에서는 대상도시의 교통량 자료 확보율에 따라 층 구분방법, 층의 개수 및 층별 조사지점수를 제시함
    - 모형추정 단계에서는 대상도시의 교통량 자료 확보율과 층별 AADT 변동계수 산정가능여부에 따라 효율적인 차량주행거리 산정방법을 제시함
  - 차량주행거리 산정 시 추정한 교통량 자료를 기반으로 자동차부문 교통망성능평가 지표를 산출하였음
    - 기존 연구문헌에서 제시된 지표 Pool을 전문가 설문조사를 통해 평가하고 Data 확보 유무에 따라 지표를 최종 선정하였음
    - 우리나라 도심부 교통량Data 확보의 어려움이 반영되어 선정된 지표들은 대부분 교통량 Data없이 산출 가능한 지표였으나, 본 연구에서는 부천시 교통량자료를 추정하여 교통량을 고려한 지표까지 산출하였음
  - 자동차부문 교통망성능평가 지표 선정과 같은 방법으로 대중교통부문 교통망성능평가 지표를 선정하였으며, 부천시BMS Data를 활용하여 대중교통 교통망성능평가 지표를 산출하였음
  - 또한 부천시 외 다른 도시에서 교통망성능평가 지표를 산출할 경우 Data 구축방안에 대한 검토를 수행하였음

## 제2절 정책제언

- 향후 지역별 자동차주행거리를 추정을 위해서는 다음과 같은 연구가 추가적으로 수행될 필요가 있음
  - － 첫째, 대상도시의 단위구간 설정을 위한 기초자료 구축이 필요함. 본 연구는 신호교차로 기준과 도로기하구조 특성을 기준으로 단위구간을 설정하여 자동차주행거리 추정 오차율을 분석함. 신호교차로의 경우, DB가 구축되어 있지 않은 관계로 주제도와 전자지도를 활용하여 자료를 구축하였음. 도로기하구조 특성의 경우, DB가 구축되어 있는 일부 기준을 활용하여 단위구간을 설정하였음. 효율적인 자동차주행거리를 추정하기 위해서는 교통량과 상관관계가 높은 기준에 대한 자료 구축이 선행될 필요가 있음
  - － 둘째, 향후 전국 타 도시의 차량주행거리 추정을 위한 기초자료 구축이 필요함. 본 연구는 각 도시의 단위구간 수, 교통량 분포 및 구간별 교통량 등에 대한 자료 수집의 어려움으로 부천시 사례를 적용한 한계가 있음. 도시규모별로 정확한 자동차주행거리를 추정하기 위해서는 도시별 교통량 분포형태 및 변동계수, 도로등급 또는 기능별 구성비중, 도시별 단위구간 연장 등과 같은 사항에 대한 추가적인 고려가 필요함
- 교통망성능평가를 위해서는 무엇보다 우선적으로 교통Data 수집 주체들 간의 자료 공유가 필수적임
  - － 도심부 도로의 교통량Data가 부족한 실정이므로, 분석 대상 도시의 교통량 추정을 위해서는 유사한 지역의 비교 검토를 위해 교통량이 확보된 도심부 도로 구간의 교통량에 대한 자료 공유가 필요함
  - － 도심부 도로의 혼잡에 대한 기준을 명확하게 내릴 수 있는 통행속도의 통계작성도 필요함. 예컨대, 영국에서는 정기적으로 통행속도 조사수집 결과를 바탕으로 도로 구간별 자유통행속도 통계집을 발간하고 있는데, 우리나라에서도 도심부 도로의 자유통행속도에 대한 통계와 이를 바탕으로 혼잡기준에 대한 명확하고 일관성있는 정의가 필요함
  - － 특히 대중교통관련 Data는 교통카드사와 지자체 BMS DB센터와의 자료 공유가 필수적이며, 자료의 원활한 공유를 위해 자료 속성 코드의 표준화가 선행되어야 함



## 2부. 지역간 차량주행거리 추정



## 제8장 지역간 총차량주행거리 추정

---

제1절 분석의 개요

제2절 기존 연구 고찰

제3절 지역간 총차량주행거리(VKT) 추정

제4절 결론 및 향후 과제





## 제8장 지역간 총차량주행거리 추정

### 제1절 분석의 개요

#### 1. 분석의 배경

- 교통혼잡으로 인한 경제적 손실이 매년 증가하고 있는 상황에서 시설 투자를 통한 교통문제 해결에는 한계가 발생하고 있으며 교통관리를 통한 비용 절감 필수적인 상황이 되었음
- 교통관리를 위해서는 교통상황에 대한 평가가 선행되어야 하지만 부족한 교통정보 및 평가 지표로 인해 교통상황에 대한 적절한 평가가 이루어지지 못하고 있으며, 정성적인 기준을 통한 평가와 전반적인 교통상황을 아우르지 못한 국지적인 평가를 통해 교통관리 및 통행체계 개선이 주로 시행되고 있음
- 교통체계에 대한 평가는 나타난 문제점을 통해 원인을 분석하고 원인에 대한 근본적인 해결책을 제시하기 위해서는 다양한 데이터를 통한 다각적인 관점의 원인 분석이 선행되어야 함
- 교통혼잡비용 절감을 위한 해결책의 일환으로 집행되었던 교통정보에 대한 투자와 IT 기술의 교통 분야 접목을 통해 다양한 기관에서 필수적인 교통정보들이 수집되고 있으나 수집된 정보가 기관별로 분산되어 저장, 활용되고 있어 데이터베이스에 대한 접근성이 떨어지고 융합분석을 통한 각 데이터 간의 분석 활용도의 증대가 이루어지고 있지 못하고 있음
- 수집되고 있는 데이터베이스의 규모와 수집 속도 또한 기하급수적으로 증가하고 있으며 방대한 데이터베이스를 분석하는 것은 단일 기관에서 개별적으로 수행하기 어려운 상황임도래하여 관리 비용의 한계로 인해 활용되지 못한 데이터들을 저장하지 못하고 있음
- 국가적인 비용을 투입하여 수집된 교통 데이터베이스의 활용도를 높이는 것은 국가적인 시책이 되었으며 「빅데이터를 활용한 스마트 정부 구현(안)」(2011. 11.2)을 통해 빅데이터 시대에 대한 준비가 필요함을 인식하고 있음

#### 2. 분석의 목적

- 데이터의 가치는 수집 및 저장에 있는 것이 아닌 이를 분석해서 얻어 낸 내재된 정보에 있는만큼 분석의 중요도가 높아져가고 있으며 데이터의 규모가 방대해 짐에 따라 분석의 난이도 역시 기존의 분석과 비교하여 어려워지고 있음

- KTDB에서는 여객기종점통행량 조사를 통해 구축되던 기종점 통행량 자료에 대한 신뢰도 증진에 노력해 왔으며 이러한 노력의 일환으로 구축된 기종점 통행량 데이터에 대한 다양한 검증방안을 모색하였음
- 이러한 검증 방안의 일환으로 교통카드(SmartCard) 사용실적 자료, 고속도로 요금정산 시스템(TCS)의 실적 자료 등은 추정치인 기종점 통행량 데이터의 모집단에 대한 정보를 정확히 제공해 줄 수 있다는 측면에서 활용도를 평가해 볼 필요성이 있음
- 교통관련 데이터들은 조사 특성에 따라 다양한 자료들(예 : 속도, 차량/통행인수, 통행시간 등)이 수집되고 있으나 1차적인 통계정보 제공의 목적을 달성한 이 후 통행의 특성을 파악하거나 현상에 대한 원인 고찰 등의 심도 깊은 추가 연구가 이루어지지 못하고 있음
- 기 입수 교통데이터 및 신규 입수 교통데이터들을 활용하여 교통데이터를 활용한 새로운 활용 방안과 평가지표, 교통통계를 생산해 내는 것은 많은 비용을 투입하여 생산한 교통데이터의 활용도를 증진시키고 교통분야에서의 빅데이터 활용 기술 향상에 기여를 할 수 있을 것으로 판단됨
- 네트워크 모니터링 분석은 기본적으로 교통정보를 수집하기 위한 추가적인 조사를 수행하지 않고 기존의 수집 자료를 활용하여 도심 내부 혹은 지역 간의 교통상황에 대한 통계자료, 평가지표를 생산하는 것을 기본 목표로 함

### 3. 분석의 범위

- 시간적 범위 : 2013년에 수집 가능한 과거 자료를 포함한 교통 데이터베이스
- 공간적 범위 : 교통데이터의 수집 및 활용이 가능한 전국(고속국도 및 일반국도)
- 내용적 범위
  - 교통 데이터베이스의 활용을 위한 시스템의 구축과 활용
  - 수집, 정제, 분석, 평가의 과정을 통해 교통 데이터베이스의 활용도 증대
  - 다양한 교통 데이터베이스의 활용 가능성 평가를 통한 분석 가능 자원의 확보

## 제2절 기존 연구 고찰

### 1. 도시부와 지방부의 구분

#### 가. 도시부와 지방부 구분의 개요

- 국내에서 도시부와 지방부를 분류하는 것은 일반적으로 도로 설계 시 설계속도, 목표연도 등의 다양한 설계변수에 영향을 미치는 사항이기 때문에 여겨져왔음
- 실제로 이러한 도시부와 지방부의 구분 기준은 도로의 설계 외의 분야에는 활용도가 높지 않았던 것이 사실이지만 사실은 통행패턴이나 거주형태에 의해 영향 받은 결과로 나타난 것이기 때문에 통행을 분류하기 위한 기준으로도 적용될 수 있음
- 도시부와 지방부는 도로의 설계 특성 이외에도 통행의 특성에서 차이를 지닌다는 견해가 일반적임

#### 나. 국내 외 도시부와 지방부 구분 기준

##### 1) 우리나라의 도시부와 지방부 구분 기준

- 우리나라에서는 도시부와 지방부를 구분하는 기준을 명확하게 가지고 있지 않으며 통계청의 경우 동을 도시부, 읍과 면을 지방부로 구분하고 있는 반면 행정안전부에서는 동과 읍을 도시부, 면을 지방부로 구분하는 기준을 적용하고 있음
- 교통부문에서는 주로 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침」(국토교통부, 2009)에 의한 도시부와 지방부의 구분 기준이 적용되었음
- 국토교통부의 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침」에 따르면 도시부는 “시가지지를 형성하고 있는 지역”으로 정의하고 있으며 지방부는 도시부 이외의 지역으로 정의하고 있음
- 이와 같은 도시부의 정의는 정량화 된 기준이 없어 연구자에 따라 적용의 기준이 모호하게 적용될 수 있는 측면이 존재함

&lt;표 8-1&gt; 국토해양부의 도시부와 지방부 분류 기준

분류		분류기준 정의	
		2009년 기준	2000년 기준
현재 분류 방법	도시부	시가지 형성 및 형성 가능성이 있는 지역	시가 형성 및 형성 가능성이 있는 지역 인구 5,000명 이상인 지역
	지방부	도시부 이외의 지역	도시부 이외의 지역

## 2) 미국의 도시부와 지방부 구분 기준

## ① 도시부와 지방부 구분의 개요

- 미국에서 활용되는 도시와 지방부의 구분 기준은 인구 조사국(Census Bureau)의 구분 기준을 주로 따름
- 교통의 측면에서 볼 때 인구 조사국의 도시/지방 구분 기준은 불합리한 결과를 도출할 수도 있으며 도시/지방 구분 기준의 교통 측면 적용을 위해서는 인구 조사국의 구분 기준을 따르지, 자체적으로 인구 조사국의 구분 기준을 개선하여 적용할 지를 결정할 필요가 있음
- 교통 부문에서 도시/지방부의 구분을 조정하여 적용하는 이유는 교통부문에서는 지리적인 측면에서 연성이나 지역의 균질성을 고려할 필요가 있다는 측면에서임
- 예를 들어 특정한 도로가 지방부 지역으로 구분되는 지역에 있지만 도시부에 거주자들이 주로 이용하는 도로이며 도로의 위치가 도시부의 외곽부에 근접한 경우가 그 예가 될 수 있음
- 이와 같은 측면에서 FHWA에서는 세 가지 목적을 가지고 도시부와 지방부를 구분하는 기준을 수립하였음
  - 도시부의 경계 및 이와 연관된 경계 범위에 대한 명확한 기준의 제공
  - 미국 인구 조사국에 의해서 정의된 도시 지역을 기반으로 각 지역의 교통 관련자들이 도시 기준에 대해 변형하여 적용할 수 있는 기술적, 관리적인 측면에서의 절차 제시
  - 각 지역에서 FHWA로 데이터를 전달할 때의 규약 수립

## ② 도시부와 지방부의 정의

- “도시부”와 “지방부”의 정의는 사용하는 목적에 따라 다양한 적의가 적용될 수 있지만 핵심적인 측면은 도시부는 고밀도로 개발된 지역인 반면 지방부는 분산된 형태로 개발되어 있다는 점임

### ③ 인구조사 측면에서의 구분 기준

- 미국 인구 조사국에서의 2010년 구분 기준에 따르면 지역범위, 인구, 가구 규모 등의 기준에 따라 도시화 지역과 도시 영향권을 모두 도시부 지역으로 정의함
- 인구 조사국에서는 도시화 지역과 도시 영향권 지역 범위는 고밀화된 개발 지역과 이를 둘러싼 거주지역, 상업지역 등으로 대표되는 것으로 언급
- 도시 지역은 고밀화 된 인구조사 중지역과 인구조사의 최소 요구 기준에 부합하는 인구조사 기본지역으로 구성되어 있으며 이러한 지역들은 고밀화 된 지역과 연결되어 있는 도시의 비 거주지역과 저밀도의 인구거주지역의 주변에 형성되어 있음
- 도시 지역으로 구분하기 위해서는 특성 지역은 구분 기준에 따라 하나의 territory를 기준으로 최소 2,500명의 인구 기준을 만족해야 하며 대상 지역 외부에 거주하는 인구가 최소 1,500 이상이 되어야 함
- 인구 조사국에서는 도시의 구분을 위해 두 가지의 도시 유형을 제시
  - 도시화 지역(Urbanized Areas : UAs) - 도시화 지역은 5만명 이상의 인구를 가진 지역으로 구성되어 있으며 도시지역과 지방부 지역을 구분하는 잘 구분하기 위하여 영역, 인구 가구 규모 등의 기준을 제시하고 있음
  - 광역도시 지역(Urban Clusters : UCs) - 광역도시 지역은 2,500명 이상의 인구를 보유한 고밀화 된 지역과 5만명 미만의 인구를 가진 지역의 조합으로 구성됨
- 인구 조사국은 도시에 대한 구분을 더욱 명확히 하기 위해 광역도시 지역의 개념을 2000년에 제시하였으며 도시 인구와 가구의 규모 영역 등에 대한 기준임
- 인구 조사 국은 통계적인 측면에서 도시 지역을 구분하며 다양한 정부 기관에서 이러한 기준을 따르고 있음

<표 8-2> 미국 인구 조사국의 도시 구분의 유형 및 기준

Census Bureau Area Definition	Population Range
<b>Urban Area</b>	<b>2,500+</b>
Urban Clusters	2,500-49,999
Urbanized Area	50,000+

#### ④ 교통 관점에서의 구분 기준

- 인구 조사국과 FHWA의 도시와 지방부에 대한 구분 기준에는 차이가 있음

<표 8-3> FHWA의 도시 구분의 유형 및 기준

Census Bureau Area Definition	Population Range	도시 경계 변경 가능 여부
<b>Urban Area</b>	<b>5,000+</b>	<b>Yes</b>
Small Urban Area(From Clusters)	5,000-49,999	Yes
Urbanized Area	50,000+	Yes

- FHWA의 도시부 구분 기준은 인구 조사국과 보다 높은 기준을 적용하고 있으며 각 territory를 기준으로 5,000명 이상의 인구가 거주할 시 도시부로 구분하고 있으며 그 중 5만명 미만은 소규모 도시부, 5만명 이상 거주 지역은 도시화 지역으로 구분하고 있음
- FHWA에서는 인구 조사국의 도시 구분 기준을 교통 계획적인 측면에서 검토하여 변경하는 것을 허용함

### 제3절 지역간 총차량주행거리(VKT) 추정

#### 1. 국가교통정보센터의 교통소통자료

- 국가교통정보센터의 교통소통자료는 전국 고속국도, 국도, 지방도 등 국가 관리 도로의 통행 특성을 파악하기 위해 설치된 ITS 교통정보 수집 장치를 통해 수집된 차량 이동 특성 데이터임
- 국가교통정보센터 자료 수집 체계
  - 국가교통정보센터는 총 46개 기관을 통해 정보를 수집 중이며 한국도로공사, 민자고속도로, 경찰청, 지방국토관리청, 교통 정보 수집 지방자치 단체를 포함함(2012년 5월 기준)
- 단위 시간(약 5분 내외) 내의 통행 특성에 대해 수집장치에서 1차 집계 후 교통정보수집센터로 전송된 데이터를 저장한 데이터로 1년 단위 총 데이터량이 30억 데이터로 규모가 매우 방대한 데이터임
- 교통정보 수집 단위 시간이 5분 내외로 미시적인 교통 흐름 변화에 대한 관측, 평가, 분석이 가능하며 교통정보 수집 지점이 비교적 연속적으로 분포하고 있어 교통축에 대한 분석도 가능한 시공간적으로 풍부한 데이터 자원이라는 점이 큰 장점임
- 각 교통정보 수집 장치의 성능별로 수집된 데이터의 질적 수준(Data Quality) 차이가 심하며, 특히 기기 이상의 경우 일정 기간 동안 데이터가 전혀 수집되지 않는 경우도 있어 데이터의 유효성 평가(Data Quality Control)가 별도로 필요하다는 측면이 있음
- 주로 지역간을 통행하는 도로를 위주로 교통정보의 수집이 이루어지고 있어 전국적인 규모의 현황 평가에 주로 활용될 수 있으며, 자료의 세밀도가 높아 국지적인 분석에도 활용될 가능성이 있음
- 비교적 관리가 잘 이루어지는 데이터로 수집 후 보관 기간이 상대적으로 길어 과거 자료에 대한 수집도 대체로 용이한 편이며 보관된 이력자료를 통해 시계열 분석을 통한 비교 분석이 가능함
- 본 연구에서는 국가교통정보센터에서 수집하고 있는 교통소통자료를 활용하여 지역간 총차량주행거리(VKT)를 추정하고자 함

## 2. 총차량주행거리 추정을 위한 기초자료 설정

- 국가교통정보센터의 교통소통자료는 교통소통정보에 대한 데이터베이스와 각 교통소통정보의 특성 정보를 포함하고 있는 ITS 표준노드링크 체계로 구분할 수 있음
- 교통소통자료는 검지기에서 실시간으로 수집된 교통소통정보를 데이터베이스 형식으로 저장하고 있으며 ITS표준노드링크를 통해 해당 지점의 도로 및 지역 특성을 표현하고 있음

### 가. 교통정보센터 소통정보 자료

#### 1) 자료의 구성

- 수집 자료 항목

<표 8-4> 국가교통정보센터 소통정보 자료의 구성

수집항목	내용	비고
[LINK_ID]	수집대상 링크 ID	ITS 표준노드링크 기준
[GENERATEDATE]	자료 생성 시간	YYYY-MM-DD HH:MI:SS
[RECEIVEDATE]	자료 수집 시간	YYYY-MM-DD HH:MI:SS
[ORGANCODE]	관리 기관	기관코드
[SPEEDRATE]	지점 통행속도	정수
[VOLUMERATE]	지점 통행량	정수
[DENSITYRATE]	밀도	정수
[TRAVELTIME]	구간 통행시간	정수
[DELAYTIME]	구간 지체시간	정수
[VEHICLEQUEUE]	대기행렬	정수
[OCCUPANCYPERCENT]	점유율	정수
[INSERTDATE]	자료 입력 시간	YYYY-MM-DD HH:MI:SS

- 국가교통정보센터의 소통정보는 동기관에서 제작하는 지능형 교통체계 표준 노드/링크(이하 ITS 표준노드링크)를 기준으로 구성되어 있으며, 국가교통정보센터와 연계하고 있는 기관들의 소통자료를 실시간으로 연계하여 수집하고 저장하며 DBMS(Database Management System)는 Oracle을 활용하고 있음
- 각 지점별 교통정보 수집은 1분 간격의 집계자료를 각 검지기에서 합산하여 평균 5분 간격으로 중앙 서버에 실시간으로 전송하는 형태로 이루어지고 있지만 각 검지기의 오류 혹은 검지기과 중앙 서버와의 통신 상태 등에 따라 수집 자체가 누락되거나 데이터의 저장이 이루어지지 않는 경우가 발생함



- 본 연구는 개별 링크의 교통량을 활용한 총차량주행거리의 추정이 목표이므로 소통정보 항목 중 지점 통행량 항목을 주로 활용하도록 함

## 2) 데이터 특성

### ○ 데이터수

<표 8-5> 기간별 데이터 수집량

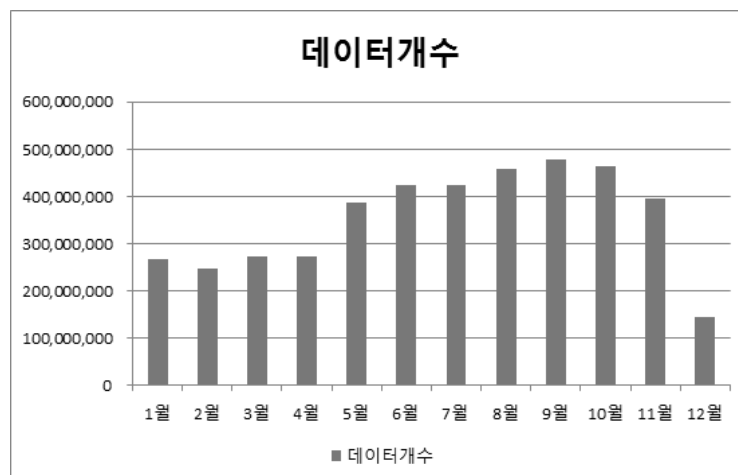
구분	전체 수집 데이터	링크 평균
년간 수집데이터	약 42억 개/년(4,238,906,879 개/년)	91,843 개/년
월평균 수집데이터	약 3억 개/월(353,242,240 개/월)	7,654 개/월
일평균 수집데이터	약 1,158만 개/일(11,581,713 개/일)	251 개/일

- 국가교통정보센터의 자료는 1년 동안 약 42억개의 데이터를 수집하고 있으며, 1일 수집되는 데이터가 약 1,158만건에 이르는 대용량의 데이터임
- 링크당 평균으로는 1일당 251개의 자료를 수집하여 링크당 평균 데이터수집 간격은 5.73분로 나타남

<표 8-6> 월별 데이터 수집량

(단위 : 개/월)

월	1월	2월	3월	4월	5월	6월
데이터개수	267,248,677	248,069,330	272,442,186	272,628,349	387,346,453	423,593,383
월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
데이터개수	423,680,071	459,543,079	478,872,272	465,294,618	394,842,788	145,345,673



<그림 8-1> 월별 데이터 수집량

- 월별 데이터 수집량은 평균 약 3억개를 기준으로 다소 변동이 있는 것으로 나타났음
- 12월에 데이터수가 1.4억개/월 수준으로 급감하는 것으로 보여주고 있으나 이는 국가교통정보센터의 센터 이전(과천시→세종시)으로 인한 데이터 미수집이 그 원인으로 추정됨

<표 8-7> 도로등급별 데이터 수집량

구분	총연장(Km)	지점수(개소)	수집데이터(개)	구성비(%)	
				지점수	데이터수
총 계	167,688	46,154	4,238,906,879	100.0%	100.0%
고속국도	7,651	2,775	785,489,440	6.0%	18.5%
도시고속도로	629	755	46,358,351	1.6%	1.1%
일반국도	27,235	13,951	1,374,772,192	30.2%	32.4%
특별·광역시도	15,908	14,295	1,098,315,974	31.0%	25.9%
국가지원지방도	6,797	713	59,085,983	1.5%	1.4%
지방도	24,479	725	47,226,322	1.6%	1.1%
시군도	84,990	10,361	816,642,344	22.4%	19.3%
구분없음	-	93	11,016,273	0.2%	0.3%

주) 각 도로 등급별 연장은 KTDB 교통주제도 도로망도를 기준으로 한 편도 기준임

- 국가교통정보센터의 소통정보 자료는 총 46,154 개 지점에서 데이터를 수집하고 있으며 그 중 가장 큰 비중을 차지하는 도로 등급은 특별·광역시도로 31.0%의 비율이며, 일반국도와 시군도 역시 많은 지점에서 데이터를 수집하고 있는 것으로 나타남
- 도로등급별 수집데이터 양의 경우 일반국도가 가장 많은 양의 데이터를 수집하고 있는 것으로 나타났으며, 특별·광역시도, 고속국도, 시군도의 데이터 수집 양이 많은 것으로 나타남
- 특히 고속국도의 경우 적은 지점수에서 많은 데이터가 수집되는 되고 있어 데이터의 수집 간격이 다른 도로 등급에 비해 조밀할 것으로 판단됨

## 나. ITS 표준노드링크

- 국가교통정보센터의 소통정보 데이터는 ITS 표준노드링크 체계를 활용하여 교통정보의 위치 정보를 표현하고 있음
- 총차량주행거리 추정을 위해 각 수집 지점들의 특성에 대한 분류를 통해 교통량 데이터를 군집화 하는 단계가 필요하며 이를 위해 ITS 표준노드링크의 속성 자료를 활용함

### 1) ITS 표준노드링크의 개요

- 구축 배경 : 전국 교통망의 노드/링크 체계의 기준을 제시하여 교통정보의 상호 교환이 원활하게 이루어지게 하기 위해 단일화된 ID 체계를 적용한 표준교통망을 DB구축

- 구축 목적 : 교통정보 실시간 교환에 기본이 되는 전국단위 표준 노드/링크를 통해 ITS 호완성과 상호연계 운용 효율성을 확보하고, 대국민 교통정보 제공 편의를 증진
- 관리 체계
  - 한국도로공사, 지방국토관리청, 지방자치단체 등의 도로관리주체가 표준 노드/링크 연계편집 시스템을 활용하여 국가교통정보센터의 통합표준노드/링크 DB와 연계
  - 각 도로관리 주체는 관할 도로가 변경되면 표준 노드/링크 연계편집시스템을 활용하여 해당하는 도로의 표준 노드/링크를 생성, 변경
  - 국가교통정보센터는 생성, 변경된 표준 노드/링크에 대한 검증작업을 수행
  - 검증된 표준 노드/링크 데이터는 국가교통정보센터 홈페이지와 표준 노드/링크 연계편집시스템을 통해 실시간으로 배포

## 2) ITS 표준노드링크의 특징

- 표준화된 교통맵으로 교통정보 수집 및 활용 기관 간의 상호 호완성이 극대화 됨
- 표준노드링크의 구축 주체가 각 도로관리 구체로 세분화 되어 있어 도로의 변경 내역에 대한 수정과 입력이 용이함
- 도로의 표현이 방향성을 표현하기 위해 방향별로 독립된 선형으로 구성되어 있어 교통정보 연계 시 명시적인 표현이 가능함
- 도로관리 주체가 세분화 되어 있어 일괄된 기준의 적용이 미흡한 측면이 보이며, 특히 도로 속성 입력에서 특정 속성 항목이 누락되는 경우가 발생(예 : 도로의 차로수)

## 2. 총차량주행거리 추정을 위한 기초자료의 가공

### 가. 교통정보센터 소통정보의 전처리

- 분석 작업의 전제가 되는 것은 정확하며 오류가 없는 소스 데이터이지만 현실에서는 원시 데이터(Raw data)의 품질은 불완전하거나 오염되고, 서로 모순된 내용을 가지고 있어 일관성을 상실한 경우가 많음
- 이와 같은 원시 데이터의 불완전성에 대해 제거 또는 수정 과정을 거쳐 최대한 소스 데이터의 정확성을 높이거나, 중요도가 낮은 데이터가 과도하게 많이 포함되었을 경우 이들을 적절히 축소 조절하여 관리와 사용에 용이한 형태로 변형시켜주는 작업을 데이터의 전처리 과정

(Preprocessing)이라 함

- 전처리 과정 중 포함되어야 하는 과정은 데이터의 활용 목적에 맞는 선별과 추출 과정이며 이와 같은 전처리 과정을 통해 데이터의 처리에 소요되는 비용을 감소 시킬 수 있음
- 또한 교통정보센터의 교통량 자료는 기본적으로 실시간 공유를 전제로 하고 있기 때문에 데이터의 수집기관에서 1차적인 전처리 과정을 수행하였을지라도 오류가 남아 있을 가능성이 존재함
- 본 연구에서는 기존의 교통소통정보 전처리 과정을 참고하여 교통량 정보 활용에 적합한 데이터 품질관리 기준을 설정하여 적용하고자 함

#### 1) 데이터 품질 관리의 기준 설정

<표 8-8> 본 연구의 데이터 전처리 기준

구분	오류 판단 기준	세부내용
Step 1	교통량 데이터의 존재 여부	전체 수집 데이터의 지점 교통량이 모두 0으로 구성된 경우 해당 데이터 제외
Step 2	연속 중복 데이터	속도와 교통량을 기준으로 연속된 데이터가 3회를 초과하여 반복될 경우 해당 반복 데이터 삭제
Step 3	논리오류	교통량 데이터가 모두 0 또는 -1로 구성될 경우 부적합처리 점유율이 음수 혹은 100% 이상이면 부적합처리 속도가 음수 혹은 180Km/hr 보다 크면 부적합처리 (교통량 < 0 & 속도 = 0) 또는 (교통량 = 0 & 속도 < 0)에 해당하는 경우 교통량과 속도 및 점유율에 대하여 부적합처리
Step 4	중복 데이터 여부	데이터 생성 시간을 기준으로 중복인 경우 중복 데이터 삭제
Step 5	수집 데이터량	링크별 총 데이터 수가 5,256개/년 미만일 경우 부적합처리 삭제

- 본 연구의 목표는 교통정보센터의 교통량, 속도 등의 정보를 활용하여 교통특성을 확인할 수 있도록 가공된 2차 교통정보를 생성하는데 있음
- 수집된 원시 데이터를 가공하여 교통정보를 생성하기 위해서는 1차적으로 Raw 데이터의 신뢰성이 확보되어야 하며 추가적으로 가공에 용이하도록 데이터의 구성과 포함된 내용에 일관성을 부여하여 활용성을 확보할 필요가 있음
- 본 연구에서의 데이터 품질관리 기준은 신뢰성 확보의 측면과 함께 교통량 및 속도 분석에

대한 목적성에 맞게 이루어져야 함.

○ 오류 판단 기준 설정

－ [교통량 데이터의 존재 여부] :

- 본 연구는 교통량 정보를 활용하여 차량의 주행거리를 추정하는 것이 목표이지만 각 지점별로 속도만을 수집하는 검지기 혹은 오류로 인해 교통량 정보가 수집되지 않는 지점이 존재하여 이를 선별
- 교통량 데이터의 존재 여부 확인은 각 링크의 교통량 값이 모두 0인 경우 분석 대상에서 제외

－ [연속 중복 데이터]

- 검지기 장애 요인 중 하나인 연속 중복 데이터는 기관별로 적용 기준이 상이한 측면이 있으며 본 연구에서는 데이터 생성시간을 기준으로 각 링크를 기준으로 연속적인 속도, 교통량 값이 3회를 초과하여 반복적으로 동일한 교통정보가 생성되었을 시 오류로 판단하여 선별함

－ [논리오류]

- 논리오류 선별 기준은 일반적인 상식 기준에 맞지 않는 데이터에 대한 선별로 극단치 값을 선별하고자하는 목적임
- 교통량 데이터가 모두 0 또는 -1로 구성될 경우 부적합처리
- 점유율이 음수 혹은 100% 이상이면 부적합처리
- 속도가 음수 혹은 180Km/hr 보다 크면 부적합처리
- (교통량 <> 0 & 속도 = 0) 또는 (교통량 = 0 & 속도 <> 0)에 해당하는 경우 교통량과 속도 및 점유율에 대하여 부적합처리

－ [중복데이터 여부]

- 데이터의 생성시간을 기준으로 2개 이상의 데이터가 생성되었을 경우 집계 과정에 오류를 발생시킬 수 있기 때문에 단일한 생성시간에는 1개의 정보만을 가질수 있도록 선별

－ [수집데이터량]

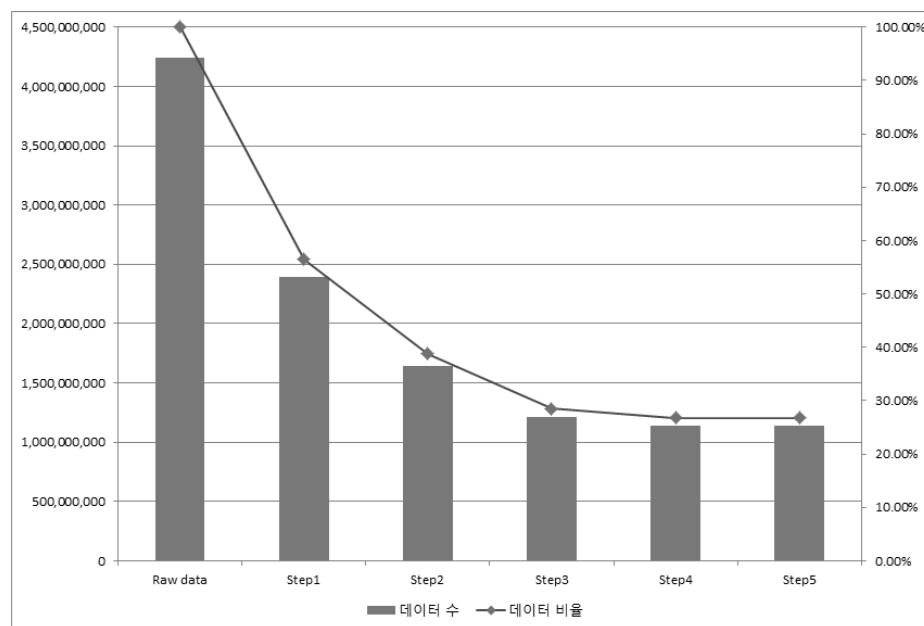
- 누락데이터에 대한 추정 과정이 본 연구에서 적용되어야 하는 주요한 과정이지만 과도하게 적은 데이터로부터의 추정은 전체 결과를 왜곡시킬 가능성이 높으므로 선별적으로 적용

- 본 연구에서의 오류 판단 기준은 데이터를 직접 수집하는 원기관에서 1차적으로 정제된 데이터에 대한 적용인 점과 데이터 처리에 소요되는 비용을 감안하여 다소 완화된 기준을 적용함

## 2) 데이터 품질 관리의 기준의 적용

&lt;표 8-9&gt; 데이터 품질 관리 기준 적용 결과

구분	오류 판단 기준	처리 후 데이터 수	원데이터 대비
원데이터	—	4,238,906,879	100.00%
Step1	교통량 데이터의 존재 여부	2,392,603,711	56.44%
Step2	연속 중복 데이터	1,645,115,168	38.81%
Step3	논리 오류	1,209,558,761	28.53%
Step4	중복 데이터 여부	1,136,888,752	26.82%
Step5	수집 데이터량	1,135,148,375	26.78%



&lt;그림 8-2&gt; 데이터 품질관리 기준 적용 결과

- 가장 많은 데이터를 제거한 전처리 기준은 교통량이 수집되지 않거나 교통량이 모두 0으로 관측된 지점에 대한 데이터 삭제이며 이는 ITS 장비를 활용하여 교통량에 대한 정보 수집없이 속도만을 수집하는 지점이 상당수 존재하기 때문인 것으로 추정됨
- Step 2(연속 중복 데이터)의 경우 통신 장애, 기기의 오작동(Stuck)등으로 인해 발생하는 오류에 대한 정제로 총 데이터의 약 18%를 차지하여 불필요한 데이터량 증가의 큰 원인이 되고 있는 것으로 분석되었음

## 3) 데이터 전처리 후 데이터 특성

&lt;표 8-10&gt; 기간별 데이터 수집량

구분	전체 수집 데이터	링크당 평균 수집 데이터수	전처리 전 대비
년간 수집데이터	약 11억 개/년(1,135,148,375 개/년)	67,288 개/년	26.78%
월평균 수집데이터	약 9,459만 개/월(94,595,698 개/월)	5,607 개/월	
일평균 수집데이터	약 310만 개/일(3,101,498 개/일)	184 개/일	

&lt;표 8-11&gt; 도로등급별 데이터 수집량

구분	총연장(Km)	지점수(개소)	수집데이터(개)	구성비(%)		전처리 전 대비	
				지점수	데이터수	지점수	데이터수
총 계	167,688	16,870	1,135,148,375	100%	100%	39%	27%
고속국도	7,651	2,515	204,297,538	15%	18%	91%	26%
도시고속도로	629	118	10,888,351	1%	1%	16%	23%
일반국도	27,235	9,982	716,870,323	59%	63%	72%	52%
특별·광역시도	15,908	939	54,440,700	6%	5%	7%	5%
국가지원지방도	6,797	363	21,115,197	2%	2%	51%	32%
지방도	24,479	234	14,573,004	1%	1%	32%	30%
시군도	84,990	2,645	124,350,799	16%	11%	26%	14%
구분없음	—	74	5,245,019	0%	0%	80%	48%

주) 각 도로 등급별 연장은 KTDB 교통주제도 도로망도를 기준으로 한 편도 기준임

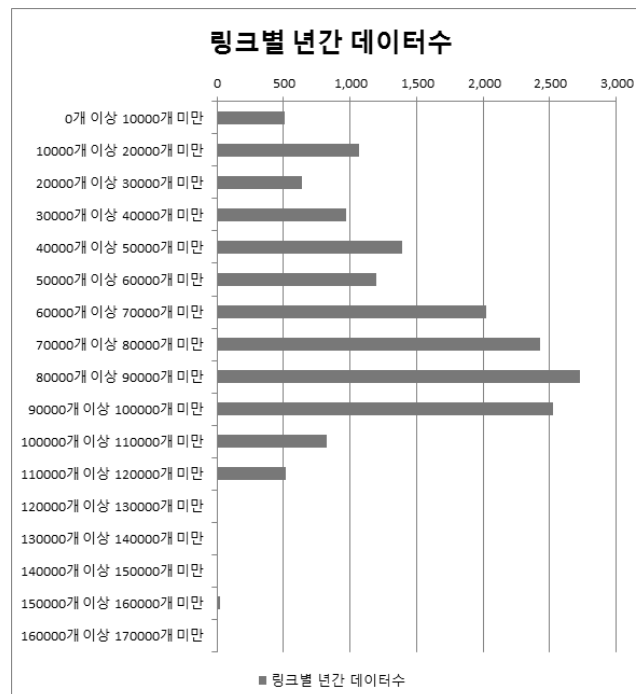
- 국가교통정보센터의 소통자료에 대한 기본적인 오류 정제 결과 본 분석에서 활용할 가능성이 있는 교통량이 존재하고 오류가 적은 데이터는 전처리 전 데이터량의 약 30% 정도인 것으로 나타났음
- 도로 등급 중 특별·광역시도와 시군도의 데이터 감소폭이 가장 컸으며 이는 도시 내 ITS 장비를 통한 정보 수집으로 교통량이 미수집 되는 지점이 다른 도로 등급에 비해 많기 때문으로 판단됨
- 원데이터 활용율이 가장 높은 도로 등급은 일반국도로 나타났으며 원데이터에 대비하여 데이터수 기준 약 52%의 데이터가 활용 가능성이 있는 것으로 분석되었음

## 4) 교통소통 정보의 정규화

- 정제된 교통량 데이터의 각 링크별 총 데이터수는 다음의 표와 같은 분포를 가짐

&lt;표 8-12&gt; 링크별 총데이터수 분포

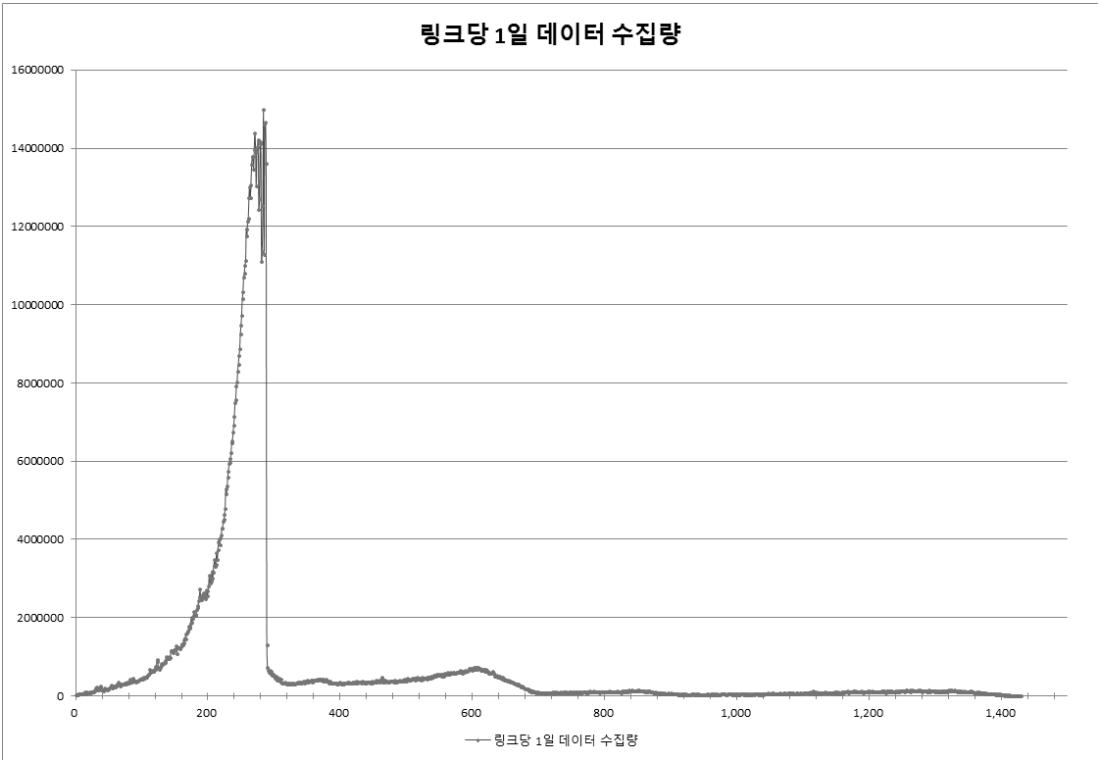
링크별 년 데이터수	지점		데이터	
	개소	비율	개	비율
0개 이상 10,000개 미만	510	3.02%	3,682,778	0.32%
10,000개 이상 20,000개 미만	1,065	6.31%	16,265,915	1.43%
20,000개 이상 30,000개 미만	642	3.81%	15,680,887	1.38%
30,000개 이상 40,000개 미만	970	5.75%	34,281,365	3.02%
40,000개 이상 50,000개 미만	1,395	8.27%	62,973,363	5.55%
50,000개 이상 60,000개 미만	1,198	7.10%	65,840,468	5.80%
60,000개 이상 70,000개 미만	2,020	11.97%	132,481,094	11.67%
70,000개 이상 80,000개 미만	2,425	14.37%	180,563,522	15.91%
80,000개 이상 90,000개 미만	2,725	16.15%	233,262,962	20.55%
90,000개 이상 100,000개 미만	2,523	14.96%	236,296,860	20.82%
100,000개 이상 110,000개 미만	825	4.89%	86,811,867	7.65%
110,000개 이상 120,000개 미만	518	3.07%	59,085,337	5.21%
120,000개 이상 130,000개 미만	10	0.06%	1,251,677	0.11%
130,000개 이상 140,000개 미만	6	0.04%	805,719	0.07%
140,000개 이상 150,000개 미만	8	0.05%	1,173,400	0.10%
150,000개 이상 160,000개 미만	24	0.14%	3,721,191	0.33%
160,000개 이상 170,000개 미만	6	0.04%	969,970	0.09%
총계	16,870	100.00%	1,135,148,375	100.00%



&lt;그림 8-3&gt; 링크별 총데이터수 분포



- 각 링크별로 5분 간격으로 데이터의 생성이 이루어질 경우 연간 총 105,408개의 데이터가 수집될 것으로 기대되지만 연간 적정 데이터의 수집이 이루어진 경우는 지점 기준 4.89%에 불과하고 대부분의 링크에서는 5분 이상의 주기로 데이터 생성이 이루어지고 있음

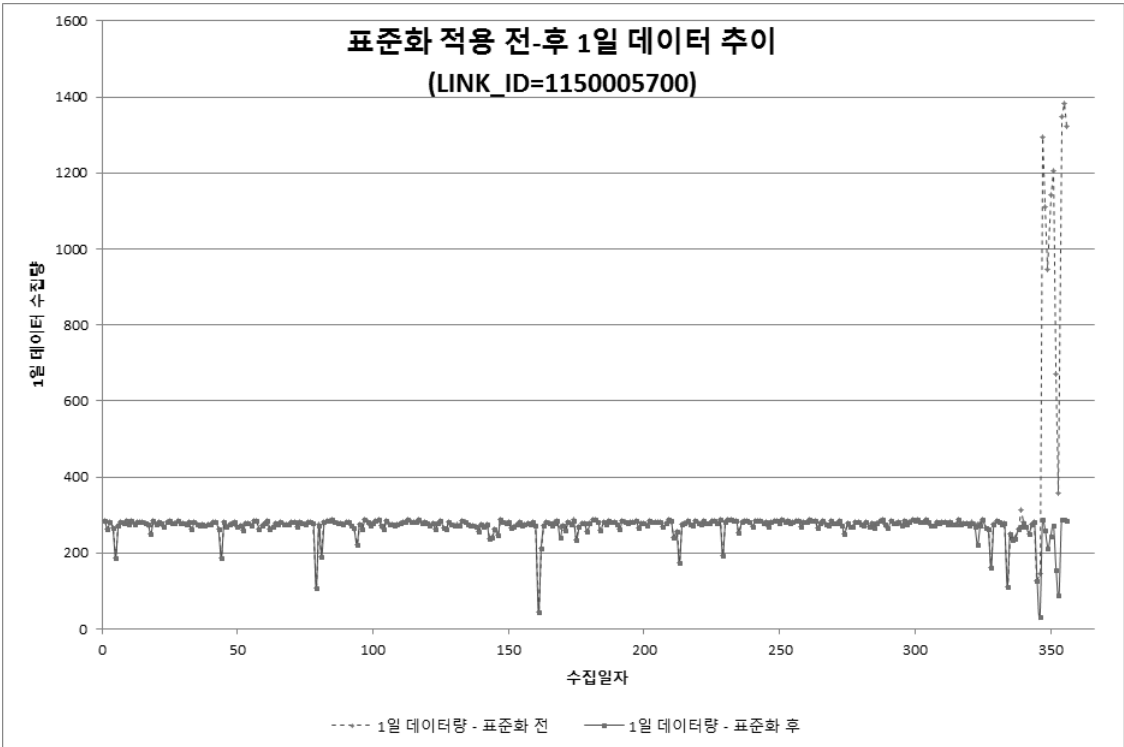


<그림 8-4> 링크당 1일 데이터 수집량

&lt;표 8-13&gt; 1일당 링크별 데이터 수집량 분포

일당 데이터 수집량	수집일수(링크-일)	비율
0개 이상 100개 미만	506,648	10.7%
100개 이상 200개 미만	841,156	17.8%
200개 이상 300개 미만	2,968,235	62.9%
300개 이상 400개 미만	103,797	2.2%
400개 이상 500개 미만	79,510	1.7%
500개 이상 600개 미만	95,696	2.0%
600개 이상 700개 미만	64,335	1.4%
700개 이상 800개 미만	11,698	0.2%
800개 이상 900개 미만	11,752	0.2%
900개 이상 1000개 미만	3,967	0.1%
1000개 이상 1100개 미만	4,902	0.1%
1100개 이상 1200개 미만	7,434	0.2%
1200개 이상 1300개 미만	9,361	0.2%
1300개 이상 1400개 미만	6,675	0.1%
1400개 이상 1500개 미만	204	0.0%
계	4,715,370	100.0%

- 또한 각 링크별로 1일당 데이터 수집량을 분류해 보았을 시 1일을 5분 단위로 구분했을 경우의 구간 개수인 288개를 기준으로 데이터 수집량이 급감하는 것을 볼 수 있음
- 즉 각 링크별 데이터 수집은 일반적으로 5분 간격으로 이루어지는 것으로 미루어 판단할 수 있으며, 데이터의 수집이 5분 이상 지연된 경우는 데이터의 누락이 되고 5분 미만 간격으로 수집된 경우는 과다 수집 된 것으로 판단하였음
- 과다수집된 데이터의 경우 집계 과정에서 집계결과의 왜곡을 초래할 수 있으므로 데이터 수집 간격의 불균질성을 극복하기 위해 5분 단위로 정규화 된 시간간격을 설정하고 각 시간간격에서 1개의 데이터를 추출하는 방식으로 데이터의 균질함의 정도를 표준화하였음
- <그림 8-5>에서 볼 수 있듯이 링크별로 수집된 데이터 중 특정 기간에 자료의 수집이 집중적으로 이루어지는 것을 볼 수 있으며, 이와 같은 형태의 자료 수집은 각 링크별 데이터에 대한 통계분석을 수행할 때 불균질한 결과를 초래할 가능성이 높음



<그림 8-5> 표준화 적용 전후 1일 데이터 추이 비교

- 표준화 시간간격의 적용은 데이터 처리 시간의 소모로 인해 고속국도와 일반국도를 대상으로만 수행하였으며 적용된 시간간격에 따른 교통량 데이터의 개략 통계는 다음과 같음

<표 8-14> 기간별 데이터 수집량

구분		전체 수집 데이터	링크 평균	원데이터 대비
고속국도	년간 수집데이터	약 1.9억 개/년(192,963,542 개/년)	67,288 개/년	24.6%
	월평균 수집데이터	약 1,608만 개/월(16,080,295 개/월)	5,607 개/월	
	일평균 수집데이터	약 52만 개/일(527,223 개/일)	184 개/일	
일반국도	년간 수집데이터	약 5.7억 개/년(573,373,906 개/년)	67,288 개/년	41.7%
	월평균 수집데이터	약 4,778만 개/월(47,781,159 개/월)	5,607 개/월	
	일평균 수집데이터	약 156만 개/일(1,566,595 개/일)	184 개/일	

- 평활화 한 교통량 정보는 데이터의 수집주기와 유사한 5분 단위의 자료이며 개별 검지기의 오류 혹은 통신 오류 등의 수집 데이터 누락은 해당 단위 시간구간의 누락으로 연결되어 부적절한 통계 수치를 산출할 가능성이 있음
- 5분 간격을 기준으로 하루 중 교통량 데이터가 존재하는 시간의 비율을 데이터 커버리지라고 정의했을 때 각 개별지점의 데이터 커버리지는 표와 같은 분포를 가짐

&lt;표 8-15&gt; 지점별 일별 데이터 커버리지 분포

데이터 커버리지	데이터 보유 일수(지점·일)	비율
100~90%	279,689	34%
90~80%	282,491	35%
80~70%	135,250	17%
70~60%	54,675	7%
60~50%	21,555	3%
50~40%	15,582	2%
40~30%	9,044	1%
30~20%	8,525	1%
20~10%	4,954	1%
10~0%	5,363	1%
계	817,128	100%

- 표에서 나타나듯 고속도로 등급에서 90% 이상의 커버리지를 가진 링크별 보유일은 전체의 34%에 해당하며 5분 단위의 시간간격을 기준으로 10% 이상의 데이터가 누락된 지점별 일수는 전체의 60% 이상으로 매우 큰 비율로 나타남
- 데이터 누락 정도를 최소화하기 위해 5분 간격으로 표준화 된 교통량 자료를 15분 단위로 집계하여 구성함
- 15분 단위 집계는 5분 간격의 교통량 데이터가 2개 이상 존재하는 구간의 교통량만으로 활용하여 해당 교통량 데이터를 평균하는 방법을 적용하였으며, 1개 미만의 교통량 데이터를 가지는 구간은 대표성을 가지지 못하는 것으로 판단하여 삭제 처리함
- 집계된 15분 단위의 시간간격을 활용한 데이터 커버리지는 표와 같음

&lt;표 8-16&gt; 15분 시간간격의 도로 등급별 데이터 커버리지

커버리지	일반국도		고속국도	
	데이터 보유 일수(지점·일)	비율	데이터 보유 일수(지점·일)	비율
총계	2,749,791	100%	817,128	100%
100~90%	1,647,751	60%	698,990	86%
90~80%	382,606	14%	61,158	7%
80~70%	200,162	7%	17,689	2%
70~60%	109,465	4%	7,986	1%
60~50%	78,449	3%	6,960	1%
50~40%	64,787	2%	9,106	1%
40~30%	54,968	2%	4,259	1%
30~20%	50,786	2%	3,334	0%
20~10%	53,243	2%	5,061	1%
10~0%	107,574	4%	2,585	0%

### 5) 불필요 데이터 삭제

- 샘플링 된 15분 교통량을 활용하여 각 시간대별 평균데이터를 산출하였으며, 데이터 보유가 80% 이상인 자료들만을 활용해서 샘플로 활용함

## 나. ITS 표준노드링크의 전처리

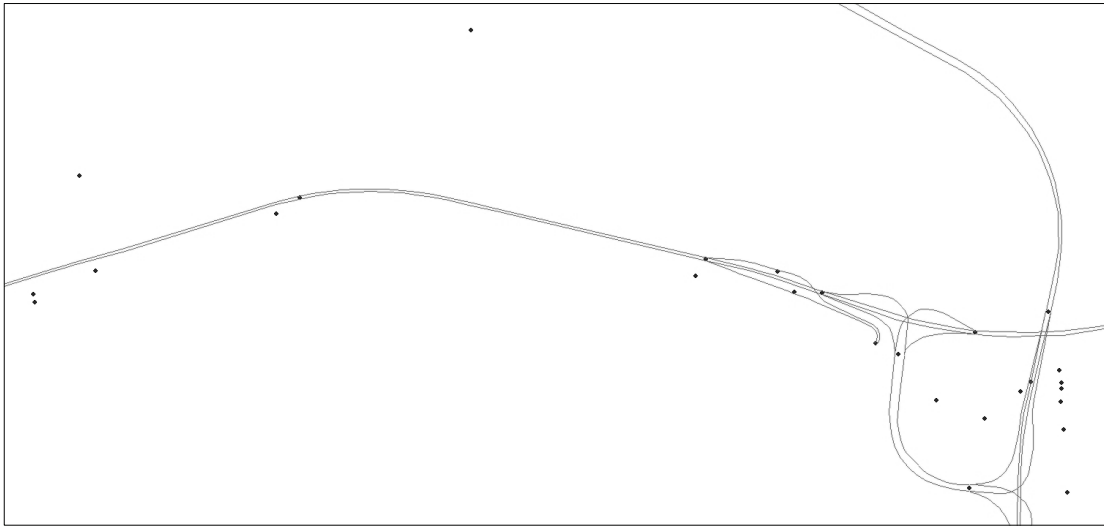
### 1) ITS 표준노드링크와 국가교통정보센터 소통정보의 연계

- 국가교통정보센터의 소통정보 데이터는 기본적으로 ITS 표준노드링크의 링크ID 체계를 기준으로 구성되어 있음
- 소통정보 데이터의 경우 특정 도로에 대한 위치 표현이 검지기 설치 시기 기준의 ITS 표준노드링크에 적용되어 있지만 ITS 표준노드링크가 도로의 신설, 변경 등의 사유로 변경되어 기준 시점이 변경된 경우 이에 대한 반영이 적절하게 이루어지지 못하는 측면이 있음
- 실례로 특정 지역의 소통정보 위치에 대한 정보인 링크 ID는 2008년 기준의 데이터가 유지되고 있어 도로 속성 데이터의 적용이 곤란한 측면이 있으며 이와 같은 부분은 2008년 기준 자료와 2012년 기준 자료를 각각 매칭한 결과를 혼합하여 적용하였음

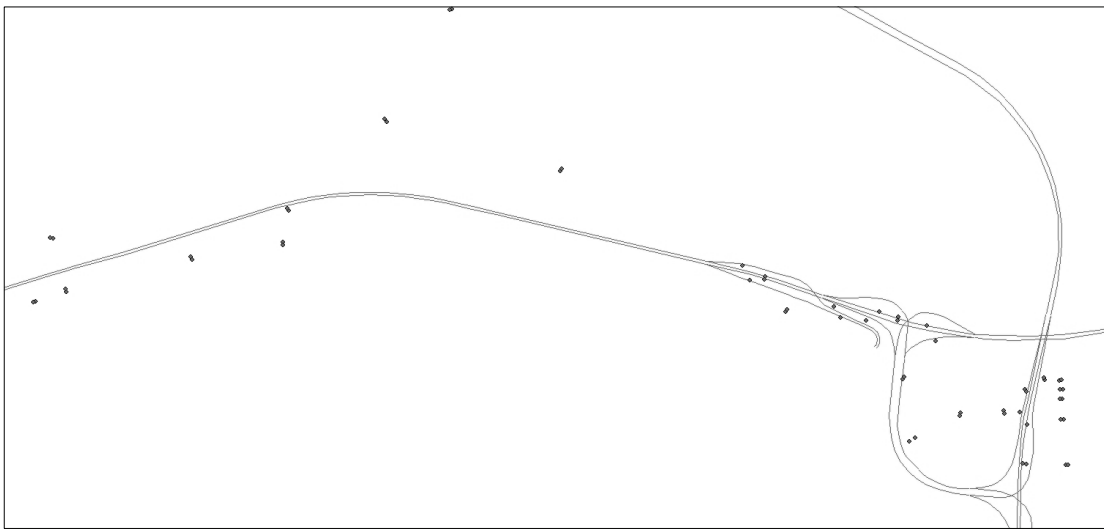
### 2) ITS 표준노드링크의 수정

- ITS 표준노드링크는 방향별 차로수 정보가 0으로 기록되어 있는 링크가 다수 포함되어 있음
- 교통정보의 표출 측면에서는 차로수 자체가 큰 의미를 가지지 못하지만 본 연구에서는 차로수에 의한 구분을 통해 차량 통행량 자체가 큰 의미를 가지기 때문에 KTDB의 교통주제도 도로망도를 활용하여 차로수 정보를 매칭하여 적용하였음
- Map matching 기준 :
  - 기준 1 : ITS표준노드링크의 진행 방위각과 교통주제도의 진행 방위각이 유사하다( $\pm 15^\circ$ )
  - 기준 2 : ITS표준노드링크와 교통주제도의 링크가 서로 근접해있다.
- ITS 표준 노드링크 처리 과정은 다음과 같음
  - ITS 표준노드링크의 좌표체계를 교통주제도와 동일하게 변경
  - ITS 표준 노드링크의 출발노드와 도착노드를 활용하여 링크의 진행방위각을 생성 (MS-SQL 활용)

－ ITS 표준노드링크를 Point로 변환



<그림 8-6> ITS표준노드링크의 노드와 링크



<그림 8-7> ITS표준노드링크와 Point 변환결과

- 점으로 변환된 ITS 표준노드링크와 교통주제도간 거리 산출을 산출
  - － 오버레이된 ITS표준노드링크의 Point 변환결과와 교통주제도 간의 거리 산출(MS-SQL 활용)
- ITS 표준노드링크와 교통주제도의 진행 방위각과 Point로 변환된 ITS 표준노드링크 간의 근접도를 활용하여 Matching Table 작성(MS-SQL 활용)
- Map Matching 방식을 적용하여 속성 자료를 입력한 ITS 표준노드링크에 대한 결과는 아래의 표와 같음

&lt;표 8-17&gt; 고속국도 지역별 차로수별 매칭 지점수

구분	총계	1차로	2차로	3차로	4차로	5차로 이상
서울특별시	57	0	20	16	20	1
부산광역시	66	2	37	27	0	0
대구광역시	84	0	38	21	25	0
인천광역시	98	0	1	49	45	3
광주광역시	29	0	24	5	0	0
대전광역시	53	0	43	6	4	0
울산광역시	20	0	8	12	0	0
경기도	403	2	97	144	148	12
강원도	139	0	139	0	0	0
충청북도	94	0	83	5	6	0
충청남도	165	2	151	7	5	0
전라북도	251	4	236	7	4	0
전라남도	160	0	154	6	0	0
경상북도	118	0	82	26	10	0
경상남도	162	14	108	14	26	0
제주도	0	0	0	0	0	0
계	1,899	24	1,221	345	293	16

- 제주도의 경우 고속도로가 존재하지 않음으로 인해 매칭 결과가 집계되지 않았음
- 서울특별시의 5차로 이상인 지점 1개 지점, 인천광역시의 2차로 지점 1개 지점 등 차로수 분류별로 적은 샘플수가 매칭된 분류들이 존재하는 것으로 나타났음

&lt;표 8-18&gt; 일반국도 지역별 차로수별 매칭 지점수

구분	총계	1차로	2차로	3차로	4차로	5차로 이상
서울특별시	1,342	56	192	476	386	232
부산광역시	566	45	187	170	141	23
대구광역시	176	5	15	73	52	31
인천광역시	280	46	85	101	42	6
광주광역시	396	12	86	128	138	32
대전광역시	437	20	119	169	90	39
울산광역시	347	13	198	96	38	2
경기도	4,103	354	2,712	611	233	193
강원도	620	103	398	119	0	0
충청북도	856	188	602	66	0	0
충청남도	1,410	201	1085	122	2	0
전라북도	403	18	258	119	6	2
전라남도	534	37	383	90	24	0
경상북도	781	136	529	88	28	0
경상남도	597	33	279	124	159	2
제주도	404	77	105	194	28	0
계	13,252	1,344	7,233	2,746	1,367	562

- 일반국도 매칭결과 총 13,252개의 링크가 속성 정보를 입력할 수 있는 것으로 나타났으며 가장 많은 매칭량을 가진 지역은 경기도인 것으로 나타났음
- o ITS 표준노드링크와 교통주제도 도로망도를 활용한 링크 속성 매칭은 다소 오류가 포함되어 있는 것으로 확인되었으나 이 부분은 향후 개선하도록 함



### 3. 총차량주행거리 추정

#### 가. 총차량주행거리 산정 관련 기존 연구

##### 1) 자동차 주행거리 추정 방법론

- 자동차주행거리(VKT : Vehicle Kilometer Traveled)는 도로를 이용하는 모든 차량들이 이동한 거리의 단위시간에 대한 합으로 도로시스템에 대한 성능을 평가하고 자동차 배기가스 배출량 산정, 대기질 분석, 에너지 소비량 계산, 교통영향평가 등에 광범위하게 사용될 수 있는 지표임
- 우리나라의 경우, 교통안전공단에서 매년 차량의 정기검사 시 수검자동차를 대상으로 자동차 주행거리를 산출하고 있으나, 차량 등록지 기준으로 산정되어 차량 등록지와 운행지역이 다를 경우 실제 차량의 주행거리와 차이가 있을 수 있고, 승용차 기준으로 볼 때 출고 후 4년 이상 된 차량만 표본에 포함되어 신차는 통계 작성 시 누락되는 단점이 있음
- 자동차주행거리를 산정하는 방법으로는 교통량 자료(Traffic Counts)를 기반으로 산출하는 방법과 비교통량자료(Non-traffic Counts, 예 : 유류소비량, 가구크기, 가구수입, 운전면허 소지자 수 등)를 기반으로 산출하는 방법으로 구분되며, 일반적으로 교통량 자료 기반으로 자동차주행거리를 산정하는 것이 더 정확하다고 알려져 있음
- 본 연구에서는 교통량 자료를 기반으로 한 자동차 주행거리 추정을 시도할 것이며, 금년 연구에서는 자동차 주행거리 추정을 위한 분석 체계를 수립하는 것을 기본 목표로 함

##### 2) 기존 자동차 주행거리 산정 사례

- 교통안전공단 자동차주행거리 실태분석 연구
  - 목적 : 우리나라에서 운행하는 자동차의 용도별·차종별·연료별 주행거리 현황을 분석하여 교통사고통계, 국가간 교통사고율 산정 등 자동차 관련 교통정책 등을 위한 기초통계로 활용
  - 대상지역 및 차종 : 16개 광역시·도를 대상지역으로 자동차관리법 및 자동차검사통합시스템(VIMS, Vehicle Inspection Management System)의 기준에 따라 차종을 다음과 같이 구분함

&lt;표 8-19&gt; 자동차주행거리 실태분석 연구의 조사 대상차종

구분		세부차종
용도별		- 관용자동차, 자가용자동차, 사업용자동차
차 종 별	승용자동차	- 사업용
		- 관용·자가용 : 일반형, 다목적형, 기타형(승용겸화물 포함)
	승합자동차	- 사업용
		- 관용·자가용 : 소형, 중형, 대형, 특수형
	화물자동차	- 일반형, 덤프형, 밴형, 특수용도형
	특수자동차	- 구난자동차, 견인자동차, 특수작업형
연료별		- 휘발유, 경유, LPG, 기타연료

- 조사방법 : 교통안전공단의 전국 56개 자동차 검사소, 58개 출장검사장 및 1,745개 지정정비사업체로 총 1,859개 검사장소에서 조사기간 내 정기검사를 받은 모든 자동차의 주행거리 조사
- 조사 대상 자동차

&lt;표 8-20&gt; 교통안전공단 정기검사 적용 기준

구분		적용차량
승용자동차	비사업용	차량 4년이 초과된 자동차
	사업용	차량 2년이 초과된 자동차
경형·소형의 승합 및 화물 자동차	비사업용	차량 3년이 초과된 자동차
	사업용	차량 2년이 초과된 자동차
사업용 대형 화물 자동차	사업용	차량 2년이 초과된 자동차
그 밖의 자동차	비사업용	차량 3년이 초과된 자동차
	사업용	차량 2년이 초과된 자동차

- 주행일수 계산
  - 개별 자동차의 주행일수 계산
- 1일 평균 주행거리 산출
  - 조사된 개별표본의 총 주행거리를 주행일수로 나눈 값들을 합산하여 표본수로 나눔
- 연평균 주행거리
  - 연평균 주행거리는 1일 평균 주행거리에 연간일수(365일)를 곱하는 방식으로 산정되며, 월평균 주행거리는 연평균 주행거리를 월수(12개월)로 나누어 산정

#### 나. 고속도로 교통량 통계(한국도로공사)

- 목적
  - 고속도로 유지보수 계획, 교통사고 분석, 인·물적자원 이동 분석 및 영업시설 개선자료 등으로 활용
- 대상노선 및 영업소
  - 한국도로공사에서 운영하는 31개 노선 3,579km(비운영 민자노선 280km 포함시 32개 노선 3,859km)
  - 한국도로공사에서 운영하는 313개 영업소와 비운영 민자노선 17개 영업소
- 대상차종
  - 차량의 종류는 요금징수기계화설비(TCS : Toll Collection System) 전면 도입('94. 8. 16) 이후인 '95년부터 차종분류 기준에 따라 소형차(1종), 중형차(2종), 대형차(3, 4, 5종)로 구분
- 산정 방법
  - 한국도로공사가 운영하는 영업소 313개 영업소와 비운영 민자노선 17개 영업소를 통행하는 모든 차량을 대상으로 이용자가 출발지에서 목적지까지 최단거리 노선을 이용하였다는 전제로 주행거리 계수
  - 총 이용차량은 영업소 출구대수를 기준으로 계수하고, 2개 이상 노선을 운행 시 각각의 운행 노선별로 1대씩의 개별차량이 운행한 것으로 가정

#### 다. 도로교통량통계연보(국토해양부·한국건설기술연구원)

- 목적
  - 고속국도, 일반국도, 국가지원지방도, 지방도의 교통량을 조사하여 도로의 계획과 건설, 유지관리 및 도로행정에 필요한 기본 자료와 각종 연구에 필요한 기초자료 제공
- 조사지점 수
  - '11년 현재 고속국도 483지점, 일반국도 1,587지점(상시조사 484지점, 수시조사 1,103지점), 국가지원지방도 339지점, 지방도 1,144지점

- 대상차종

- 승용차, 버스, 화물차로 구분

- 세부적으로는 다음과 같이 12개 차종으로 구분하고 있으나, 자동차주행거리 통계는 3종으로 구분하여 제시

- 주행거리 산출 방법

- 구간 선정

- 지방도 이상의 도로와 교차하여 교통류의 변화가 생기는 구간을 소구간(segment)으로 설정한 후, 교통류의 변화가 크게 일어나는 고속국도, 일반국도와의 교차로 인하여 교통류의 변화가 크게 일어나는 두 분기점 사이의 소구간들을 병합하여 대구간(section)으로 설정

- 산정 방법

- 도로등급별 주행거리 =  $\sum(\text{도로등급별 해당구간의 평균 일 교통량} \times \text{해당구간 연장})$

$$\text{여기서, 구간의 평균 일 교통량(ADT)} = \frac{\text{해당구간의 총 교통량}}{\text{해당구간의 총 조사일수}}$$

## 라. 각 산정 방법론별 비교

### 1) 교통안전공단 주행거리실태조사

- 장점

- 실제 자동차의 운행기록 자료를 기반으로 산출한 것이기 때문에 전국적인 범위의 거시적인 의미가 있음

- 단점

- 차량 등록지와 실제 운행지가 다를 경우, 지역별 자동차주행거리는 실제와 차이가 남
  - 출고 후 4년 미만의 신차는 통계 작성 시 누락됨
  - 표본 추출 시 조사자의 편의성만을 고려하였기 때문에 도출된 값을 일반화하기 어려움
  - 도로별 자동차주행거리 산정 불가(즉, 차량 등록지와 실제 운행지가 같을지라도, 어느 도로를 이용하여 통행이 이루어지는지 알 수 없음)

## 2) 한국도로공사의 고속도로 교통량 조사

### ○ 장점

- 자동화된 요금징수시스템을 사용하기 때문에 출발지-도착지간 주행거리 통계를 자동으로 집계 가능

### ○ 단점

- 동일 출발지-목적지간에도 경로선택이 다를 수 있으나, 이 경우를 고려할 수 없음 (예 : 서울-대전 이동시 경부고속도로 외에 천안-아산 고속도로를 경유할 수 있으나, 현재 방법으로는 경부고속도로를 이용하는 것으로 집계)

## 3) 한국건설기술연구원 도로교통량통계연보

### ○ 장점

- 2003년 이후 지속적으로 주행거리 통계를 산출하고 있어 지속적인 통계 자료로써의 강점이 있음
- 일반국도의 경우 상시지점 검지기가 설치되어 있는 지점수가 충분히 확보되어 있어 별도의 추정과정 없이 산정만으로도 유의한 총차량주행거리 수치를 산출할 수 있음

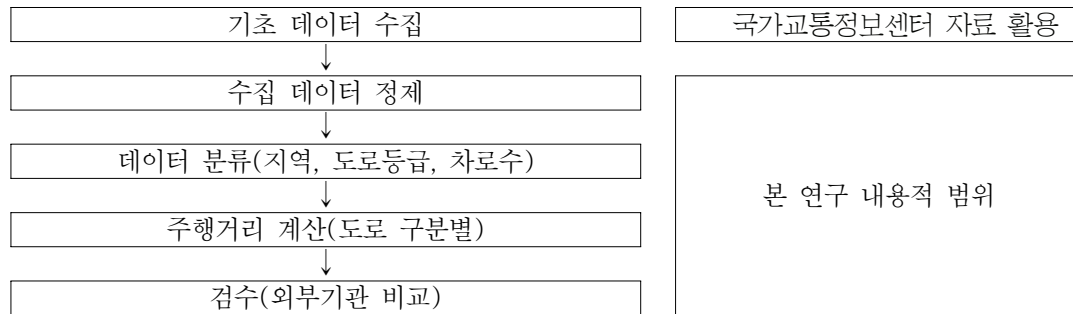
### ○ 단점

- 상시지점이 아닌 수시지점의 교통량의 경우 시간대별 교통량 산정에 교통량 자료의 활용이 곤란함

## 마. 총차량주행거리 추정 개요

- 일반적으로 차량 주행 거리는 통행에 대한 자료를 수집하여 이를 정제/가공한 후 통계화를 위한 데이터 분류 및 정리 과정을 거친 자료를 활용하여 총주행거리를 추정하는 과정을 적용함
- 자료의 수집은 조사대상 지역에서 수집된 원시자료(Raw Data)의 수집을 의미하며, 이 과정에서 대부분의 기계적인 이상으로 인한 오류 데이터는 수집 대상 자료에서 제외함
- 본 연구는 기 수집된 자료를 활용하여 유용한 2차 자료를 생성하는데 그 목적이 있으며, 활용되는 자료는 국가교통정보센터에서 수집과정을 거쳐 저장된 자료를 활용하기 때문에 원시 자료는 기본적인 기계 오류를 제거한 상태로 가정함

- 자동차주행거리 추정을 위한 진행 단계는 아래와 같음



<그림 8-8> 자동차 주행거리 추정 절차

- 본 연구에서 추정된 결과는 개략적으로 추정된 결과이므로 구체적인 의미를 가지기는 힘들지만 기존의 연구결과와 비교하여 추정 방법의 문제점을 도출하고 추정결과의 정확도 제고를 위한 참고자료로 활용하도록 함
- 총차량주행거리의 추정을 위해 미국 FHWA의 기준을 활용하여 총차량주행거리추정 방법론을 적용
- FHWA 기준의 총차량주행거리의 추정을 위해서는 정제된 데이터에 대한 도로 등급, 지역 등의 추가적인 속성정보가 요구되며 이를 통해 교통량 데이터를 속성별로 구분하여 총차량주행거리 추정에 활용함
- 총차량주행거리의 추정은 아래의 식을 적용

$$\text{총차량 주행거리} = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l AT_{ijkl} \times EF_{ijkl}$$

$AT$	: 평균 차량수
$EF$	: 확장 계수
$i$	: 시간 단위
$j$	: 지역
$k$	: 도로 관리 등급
$l$	: 차로수

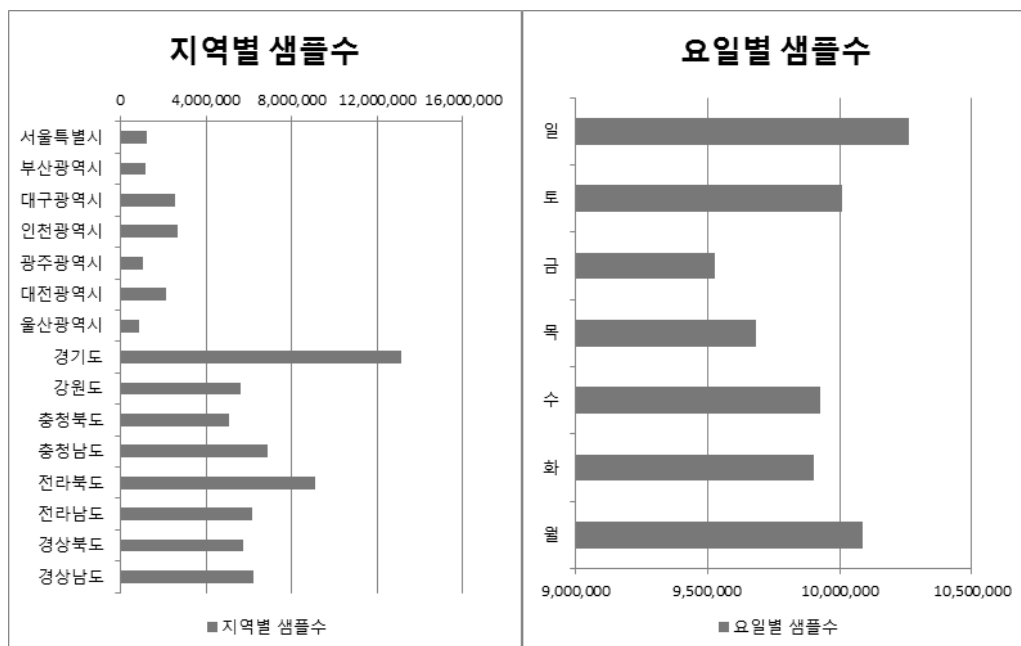
- 도로기능구분의 확장 계수의 적용은 교통주제도 도로망도를 기준으로 하였으며 지역별, 도로 관리 등급별, 차로수별 총연장을 활용하였음

## 바. 지역별 평균 교통량 특성

- 15분 단위로 표준화 된 소통정보를 활용하여 연평균 교통량 및 월평균 교통량의 추정하였음
- 연평균 교통량을 추정하기 위한 지역별 요일별 샘플수
  - 고속국도 지역별 요일별 데이터 총량과 표 와 같음

<표 8-21> 고속국도 지역별 요일별 데이터 총량

구분	월요일	화요일	수요일	목요일	금요일	토요일	일요일	계
서울특별시	172,976	170,720	171,312	167,231	165,339	171,663	176,844	1,196,085
부산광역시	169,490	166,328	166,379	162,422	159,135	168,830	172,733	1,165,317
대구광역시	373,864	366,844	368,554	358,826	352,531	370,294	380,826	2,571,739
인천광역시	387,021	380,699	381,864	372,925	369,900	383,305	395,114	2,670,828
광주광역시	151,287	148,638	149,626	145,691	143,300	151,062	155,170	1,044,774
대전광역시	308,223	303,054	303,898	296,080	291,082	305,606	313,433	2,121,376
울산광역시	129,041	126,526	127,304	123,856	121,116	128,115	130,817	886,775
경기도	1,900,155	1,867,858	1,874,419	1,828,248	1,802,659	1,885,295	1,941,060	13,099,694
강원도	814,151	790,085	791,230	772,765	763,909	813,526	834,857	5,580,523
충청북도	732,606	719,059	722,207	702,781	689,283	725,450	744,782	5,036,168
충청남도	997,540	977,907	979,980	955,977	940,310	989,258	1,010,388	6,851,360
전라북도	1,325,924	1,303,028	1,305,190	1,272,273	1,248,898	1,311,224	1,334,860	9,101,397
전라남도	893,278	876,555	879,238	858,319	845,029	888,912	907,293	6,148,624
경상북도	829,332	814,488	816,438	797,377	782,079	819,422	842,807	5,701,943
경상남도	903,336	888,182	889,034	866,410	854,167	896,871	920,531	6,218,531
총계	10,088,224	9,899,971	9,926,673	9,681,181	9,528,737	10,008,833	10,261,515	69,395,134



<그림 8-9> 고속국도 지역별 요일별 데이터수 분포

- 고속국도의 경우 지역별로는 경기도의 지점별 15분 교통량 샘플수가 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 요일별로는 일요일의 샘플수가 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났음
- 고속국도의 지역별 유효 링크의 수는 표와 같음

<표 8-22> 고속국도 지역별 유효링크 분포

구분	지점수	총 유효링크 중 구성비율
서울특별시	37	1.7%
부산광역시	38	1.7%
대구광역시	80	3.7%
인천광역시	82	3.8%
광주광역시	33	1.5%
대전광역시	66	3.0%
울산광역시	28	1.3%
경기도	407	18.6%
강원도	181	8.3%
충청북도	158	7.2%
충청남도	215	9.8%
전라북도	288	13.2%
전라남도	195	8.9%
경상북도	180	8.2%
경상남도	197	9.0%
계	2,185	100.0%

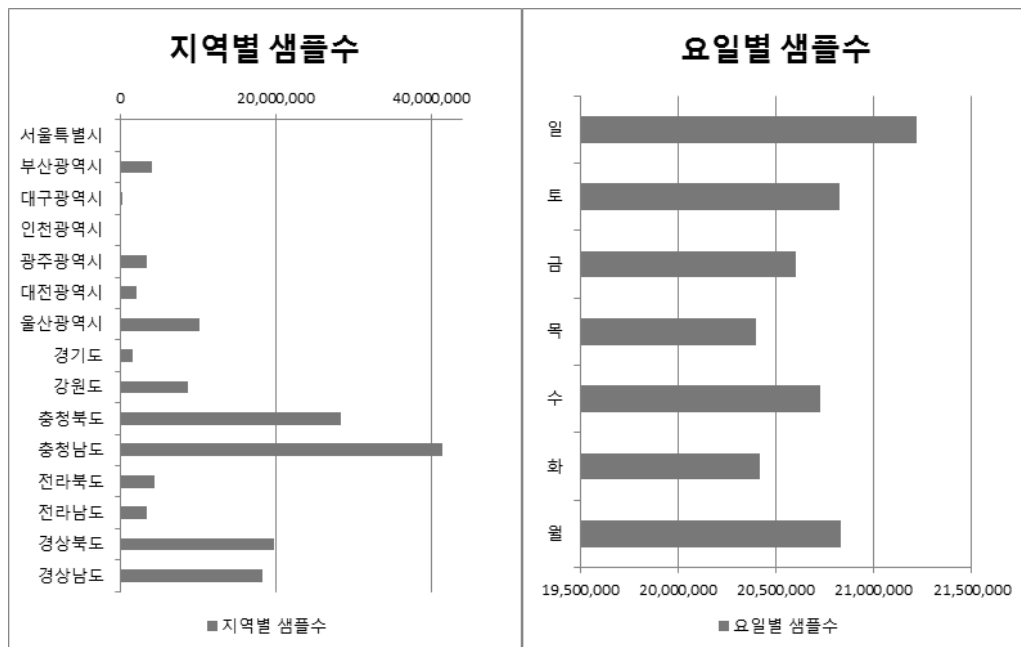
- 고속국도의 유효 샘플수는 경기도 지역이 가장 많은 샘플 지점수를 확보하고 있는 것으로 나타났으며 전북, 충남 지역에서도 유효샘플 지점이 많이 확보된 것으로 나타났음



－ 일반국도 요일별 데이터 총량은 표와 같음

<표 8-23> 일반국도 요일별 데이터 총량

구분	월요일	화요일	수요일	목요일	금요일	토요일	일요일	계
서울특별시	0	0	0	0	0	0	0	0
부산광역시	570,255	556,798	565,446	560,479	572,714	569,993	583,348	3,979,033
대구광역시	4,136	4,201	4,269	4,226	4,219	4,217	4,162	29,430
인천광역시	0	0	0	0	0	0	0	0
광주광역시	489,899	480,920	483,580	480,147	482,631	489,637	485,549	3,392,363
대전광역시	291,470	281,651	288,244	282,874	284,886	291,354	297,145	2,017,624
울산광역시	1,445,085	1,424,838	1,440,075	1,418,865	1,451,612	1,438,223	1,472,740	10,091,438
경기도	216,873	219,726	214,892	215,717	214,342	208,967	213,632	1,504,149
강원도	1,202,977	1,209,213	1,224,740	1,212,797	1,214,606	1,257,024	1,277,760	8,599,117
충청북도	4,085,341	3,966,276	4,044,944	3,967,694	3,991,140	4,079,651	4,172,922	28,307,968
충청남도	5,992,257	5,790,438	5,916,713	5,789,074	5,826,009	5,965,817	6,098,138	41,378,446
전라북도	626,313	623,086	624,316	621,768	622,691	630,696	612,455	4,361,325
전라남도	479,108	476,092	479,360	477,048	475,486	486,673	476,078	3,349,845
경상북도	2,834,866	2,794,272	2,827,745	2,779,064	2,842,129	2,811,347	2,856,710	19,746,133
경상남도	2,595,308	2,588,025	2,610,750	2,586,309	2,619,742	2,587,864	2,665,076	18,253,074
총계	20,833,888	20,415,536	20,725,074	20,396,062	20,602,207	20,821,463	21,215,715	145,009,945



<그림 8-10> 일반국도 지역별 요일별 데이터수 분포

－ 일반국도의 경우 서울특별시와 대구광역시, 인천광역시에서는 유효한 샘플이 적용되지 않는 것으로 나타났으며, 이는 지역별 특성상 속도를 주로 수집하는 검지기 지점이 많이 설치되어 있기 때문으로 판단됨

- 그 외 지역 중 일반국도의 유효샘플량이 가장 많은 지역은 충청남도 지역인 것으로 나타났으며, 요일별로는 고속국도와 마찬가지로 일요일의 유효샘플이 가장 많은 것으로 나타났음

<표 8-24> 일반국도 지역별 유효링크 분포

지역구분	지점수	총 유효링크 중 구성비율
서울특별시	0	0.0%
부산광역시	128	2.8%
대구광역시	1	0.0%
인천광역시	0	0.0%
광주광역시	108	2.3%
대전광역시	63	1.4%
울산광역시	317	6.9%
경기도	52	1.1%
강원도	286	6.2%
충청북도	888	19.2%
충청남도	1,294	28.0%
전라북도	143	3.1%
전라남도	111	2.4%
경상북도	638	13.8%
경상남도	597	12.9%
계	4,626	100.0%

- 일반국도의 샘플 지점수의 경우 충청남도에서 가장 많은 샘플 지점을 확보하고 있는 것으로 나타났으며 서울특별시, 인천광역시의 경우 유효한 샘플 지점을 확보하고 있지 못한 것으로 나타났으며 대구광역시의 경우 1개의 지점만이 유효한 샘플 지점인 것으로 나타났음
- 샘플수 및 샘플 지점수의 유효율이 낮은 지역들의 경우 주로 교통량보다는 속도를 유지하는 용도로 검지기가 설치된 지역인 경우가 많은 것으로 판단되며, 본 연구에서 적용한 유효샘플 선정 기준이 엄격하게 적용된 것도 원인으로 판단됨
- 향후 연구에서는 샘플의 유효율을 향상시키기 위한 연구가 병행되어 진행되어야 할 것임

#### 사. 지역별 시간대별 평균 교통량 추정

- 지역별 요일별로 선정된 유효 샘플을 활용하여 연 단위와 월 단위의 평균 교통량을 추정하였으며 평균교통량의 추정은 15분 교통량을 적용하였음
- 15분 교통량 추정 후 1년 중 누락데이터의 비율이 20%를 초과하는 링크의 경우는 샘플에서 제외하였음
- 시간대별 평균 데이터는 산출된 15분 교통량 데이터를 1시간 단위로 집계하여 활용하였음

## 1) 연평균 교통량의 추정

- 연평균 교통량의 추정은 연간 데이터 보유량이 80% 이상인 샘플 지점들의 각 15분 교통량을 활용하였음
- 연평균 교통량의 집계 단위는 1시간으로 설정하였으며 요일별로 구분하여 추정하였음

## 2) 월평균 교통량의 추정

- 월평균 데이터의 추정 역시 80% 이상의 데이터를 보유한 지점들을 대상으로 각 15분 교통량을 활용하였음
- 집계 단위는 연평균 교통량과 동일하게 1시간 단위를 활용하였으나, 요일별 구분을 적용할 경우 누락 데이터의 영향을 크게 받는 지점들이 존재하여 평일과 주말의 구분만 적용하였음
- 향후 누락 데이터에 대한 보완을 통해 월평균 교통량도 요일별로 구분할 필요가 있음

## 아. 총차량주행거리의 추정

- 총차량주행거리의 추정은 아래의 식을 적용

$$\text{총차량 주행거리} = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l AT_{ijkl} \times EF_{ijkl}$$

$AT$	: 평균 차량수
$EF$	: 확장 계수
$i$	: 시간 단위
$j$	: 지역
$k$	: 도로 관리 등급
$l$	: 차로수

- 총차량주행거리의 추정은 연평균 시간교통량과 월평균 시간교통량을 활용하여 산출하였으며, 지역의 구분은 광역시도를 기준으로 구분하여 전국 16개 시도를 기준으로 구분하였음
- 도로 관리등급은 고속국도 및 국도에 대해서만 구분하였으며 이를 각 차로수별로 분할하여 총차량주행거리를 추정하였음
- 구분된 도로 특성에 따른 도로 등급별 집계된 차량 주행거리 추정결과는 아래의 표와 같음
  - 고속국도 총차량주행거리 추정 결과

&lt;표 8-25&gt; 고속국도 총차량주행거리 추정 결과

시도 구분	지역내 총 VKT (연평균 활용)	지역내 총 VKT (월평균 활용)	연평균 대비 월평균 비
서울특별시	38,366,692	1,992,311,924	1.007
부산광역시	6,980,434	252,684,632	1.444
대구광역시	27,334,089	1,422,576,827	1.005
인천광역시	53,853,802	2,796,752,992	1.007
광주광역시	4,097,070	206,324,342	1.038
대전광역시	11,735,092	609,326,139	1.007
울산광역시	4,487,635	234,201,216	1.002
경기도	281,920,448	14,708,056,586	1.002
강원도	12,326,432	657,294,530	0.981
충청북도	24,847,120	1,290,756,302	1.007
충청남도	30,197,845	1,565,462,887	1.009
전라북도	22,345,120	1,155,531,754	1.011
전라남도	12,463,910	646,301,127	1.008
경상북도	38,500,116	1,916,626,054	1.050
경상남도	45,292,972	2,375,174,313	0.997
총계	32,142,578,898	31,829,381,624	1.010

－ 일반국도 총차량주행거리 추정 결과

&lt;표 8-26&gt; 일반국도 총차량주행거리 추정 결과

시도 구분	지역내 총 VKT (연평균 활용)	지역내 총 VKT (월평균 활용)	연평균 대비 월평균 비
부산광역시	17,847,415	964,693,569	1.034
대구광역시	3,587,923	0	0.000
광주광역시	13,386,992	700,834,848	1.001
대전광역시	69,269,660	3,565,273,838	0.984
울산광역시	31,641,878	1,712,441,857	1.035
경기도	961,198,633	50,198,163,674	0.999
강원도	47,314,399	2,605,564,241	1.053
충청북도	547,153,355	28,802,832,182	1.007
충청남도	654,573,361	34,795,089,971	1.017
전라북도	124,236,662	7,079,914,208	1.090
전라남도	169,429,837	4,140,644,417	0.467
경상북도	228,936,557	13,611,235,294	1.137
경상남도	86,815,316	4,731,867,549	1.042
총계	154,524,781,089	152,908,555,647	0.990

#### 자. 총차량주행거리 추정결과 검증

○ 타 기관 총차량주행거리와의 비교 결과

－ 한국도로공사

&lt;표 8-27&gt; KTDB 총차량주행거리의 비교(한국도로공사)

구분	VKT_고속국도	한국도로공사 통계 대비
한국도로공사 VKT	147,756,119	—
연평균활용	87,821,254	59.44%
월평균활용	86,965,524	58.86%

— 한국건설기술연구원

&lt;표 8-28&gt; KTDB 총차량주행거리의 비교(건기연, 고속국도)

구분	VKT_고속국도	한국건설기술연구원 통계 대비
한국건설기술연구원	176,682,000	—
연평균활용	87,821,254	49.71%
월평균활용	86,965,524	49.22%

&lt;표 8-29&gt; KTDB 총차량주행거리의 비교(건기연, 일반국도)

구분	VKT_일반국도	한국건설기술연구원 통계 대비
한국건설기술연구원	141,203,000	—
연평균활용	422,198,855	299.00%
월평균활용	417,782,939	295.87%

— 전반적으로 현재 KTDB 총차량주행거리 추정 결과의 신뢰도는 현재는 낮은 편으로 판단되며 이에 대한 개선이 향후 이루어져야 할 것임

○ 본 연구에서 추정한 주행거리의 예비 추정 결과가 기존 연구결과와 차이가 나는 결과가 나타나는 원인은 다음과 같은 원인에 의한 것으로 추정해 볼 수 있음

— 주행거리 실태분석의 결과는 연식이 4년 이상인 차량들에 대한 조사 결과로 4년 미만의 연식을 가진 차량에 대한 조사 결과는 누락되어 있음

— 도로 속성별 데이터 중 고속국도와 일반국도의 경우 검지기의 설치 밀도가 높아 비교적 많은 표본을 수집할 수 있지만 국지도 및 지방도의 경우 검지기 설치 밀도가 비교적 낮아 표본율이 낮음

— 본 연구의 주행거리 추정 시 유효샘플수가 충분히 확보되지 않아 주행거리 추정 결과가 과대/과소한 결과를 나타낼 가능성이 존재함

— 도로 속성의 적용이 정확하게 이루어지지 못해 도로 속성이 실제 도로 속성과 상이하게 적용되었거나 도로 속성이 입력되지 못한 경우가 포함되었을 가능성이 있음

## 제4절 결론 및 향후 과제

- 본 연구는 기수집되고 있는 국가교통정보센터의 속도 및 교통량 자료를 활용하여 2차적인 통계자료인 총차량주행거리를 추정하기 위한 기초 단계로 수행되었으며 총차량주행거리를 추정하기 위한 기초적인 작업 체계를 수립하는데 초점을 맞췄음
- 수집된 자료는 교통정보의 표출을 위해 수집된 자료로 재가공을 통해 부가적인 교통정보를 생산해 내기 위해 추가적인 자료 정제 작업을 시도하였으며 이를 통해 수집된 교통자료의 활용도를 높이고 활용 결과인 총차량주행거리의 신뢰도를 확보하기 위한 기초 작업 단계임
- 총차량주행거리 추정결과 도로의 등급별로만 도로를 구분하여 총차량주행거리를 추정하였을 경우 기존의 연구결과에 비해 도로의 등급별로 과대 혹은 과소한 결과를 추정한 것으로 나타나 향후 추정된 총차량주행거리의 정확도를 제고하기 위해 기초자료 단계의 자료 정제와 기본 속성 부여 등의 작업에 정밀도를 높이는 과정이 추가로 요구될 것으로 판단되며 총차량주행거리 추정 방법 역시 더욱 정밀하게 적용할 필요가 있을 것으로 판단됨
- 향후 진행될 총차량주행거리 추정을 위한 추정 방법론 개선은 아래의 단계를 통해 진행될 예정임
  - 1단계 : 교통량과 도로의 위계분류를 활용한 VKT 산출
    - － 도로 기능 분류 적용
    - － 차종 분류 적용
  - 2단계 : 고속도로 VKT 개선
    - － 구간별 교통량을 모두 확보할 수 있을 경우 집계한 구간별 교통량과 한국도로공사 TCS 자료의 차종 분류를 조합하여 VKT 산출하며 구간별 교통량 전수 확보가 불가능할 경우 시뮬레이션 기법을 활용하여 구간별 교통량을 추정
    - － 경로선택 반영 : 첨단조사자료(DSRC 등), 시뮬레이션 기법 등을 활용한 경로 선택의 현실적 표현 강화
  - 3단계 : 일반국도 VKT 개선
    - － 도로의 분류 세분화 필요 : 도시부/지방부, 인규규모, 경제활성화 정도 등의 지역특성 분류 기준과 고속도로/주간선도로/보조간선도로/집산도로/국지도로의 도로의 기능적 분류 기준, 광로/중로/소로의 도로의 규모적 분류 기준 적용 필요, 교통량 특성에 따른 구분기준 설정 필요

- 교통량 미수집 구간에 대한 교통량 추정
- 4단계 : 일반국도 VKT 개선 방법론의 기타 도로의 적용
  - 상대적으로 유효 샘플을 충분히 확보할 수 있는 일반국도에 대한 VKT 추정 방법론 개선을 우선적으로 진행한 후 동일한 방법론을 기타 도로에 적용하는 방식으로 VKT 추정의 신뢰성을 향상시킬 필요가 있음





## 참고문헌

### ○ 국내문헌

#### [차량주행거리 관련]

1. 국토해양부, 도로의 구조·시설에 관한 규칙-해설- 일부개정, 2012
2. 교통안전공단, 2011년도 자동차 주행거리 실태분석 연구, 2012
3. 김호용, 공간통계기법을 이용한 도시 교통량 예측의 정확성 향상, 한국지리정보학회, 제13권 제4호 pp.138~147, 2010
4. 부천시, 부천시 도시교통정비 기본계획 및 중기계획, 2012
5. 부천시, 2020 부천시 도시기본계획, 2007
6. 임성한, 일반국도 교통조사를 위한 동질성 구간 분류기법 연구, 서울도시연구, 제6권 제3호, 2005
7. 허태영 외 3인, 최단경로 기반 교통량 공간 예측에 관한 연구, 응용통계연구, 제20권, 3호, pp.459~473, 2007
8. 김병선 외 2인, Regression-Kriging 모형을 이용한 인구분포 추정에 관한 연구, 대한지리학회지, 제45권, 제6호, pp.806~819, 2010

#### [교통망성능평가 관련]

1. 경기개발연구원, 경기도 지역별 교통형평성 분석: 인프라와 통행행태의 통합적 분석, 경기개발연구원 정책연구 2012-62, 2012
2. 경기도, 『경기도 대중교통종합계획수립 연구』, 2006
3. 국토연구원, 지속가능한 이동성 연구, 2002
4. 국토해양부, 한국건설교통기술평가원, 일관수송 중심의 물류표준체계 구축(물류표준체계 구축사업 시행효과 종합평가 및 분석), 2008
5. 국토교통부, 『국가통합 교통체계 효율화법』, 2013
6. 국토교통부, 『대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률』, 2013
7. 국토교통부, 『도시철도법』, 2013
8. 국토교통부, 『여객자동차 운수사업법』, 2013
9. 국토교통부, 『철도산업발전기본법』, 2013

10. 국토해양부, 『제2차 대중교통기본계획(2012~2016)』, 2011
11. 국토해양부, 『교통물류체계의 지속가능성 조사·평가 결과』, 2010
12. 국토해양부, 『교통물류체계의 지속가능성 관리지표』, 국토해양부 고시 제2013-99호, 2013
13. 국토해양부, 『도로용량편람』, 2013
14. 김순관, 이신해, 서울시 교통수단별 통행량 지표 산정방법 연구, 서울시정개발연구원, 2001
15. 김순관, 서울시 교통지표 산출, 서울시정개발연구원, 2005
16. 김순관, 교통카드 이용자 통행행태 연계분석 방안, 서울연구원., 2013
17. 김찬성, 빅데이터(Big Data) 시대의 KTDB 발전방향, 월간교통 통권 제183호, 2013년 5월호, pp.5-11, 2013
18. 김채만, 경기도 교통지표 산정에 관한 연구, 경기개발연구원, 2009
19. 김호정, 김종학, 이춘용, 윤하중, 교통서비스지표 개발 및 활용방안 연구, 국토연구원, 2006
20. 김현승, 도화용, 박동주, 최창호, 파레트 표준화의 효과평가척도개발에 관한 연구, 대한교통학회지 제27권 제1호, pp.97-105, 2009
21. 박경철, 경기도 시군별 교통경쟁력 비교 연구, 경기개발연구원 기본연구 2010-21, 2010
22. 부산광역시, 차량통행속도 조사결과, 2010년도 부산광역시 교통조사(Ⅲ), 2011
23. 부천시, 『부천시 도시교통정비 기본계획』, 2012
24. 부천시, 『부천시 제2차 지방대중교통계획(2012~2016)』, 2012
25. 빈미영, 경기도 교통카드자료를 이용한 통행패턴 분석과 활용방안 연구, 경기개발연구원 정책연구 2011-58, 2011
26. 서울시, 『제2차 서울특별시 대중교통계획』, 2012
27. 서울시정개발연구원, 서울시 시내버스 노선조정 방안 연구, 1994
28. 서울시정개발연구원, 시내버스노선의 합리적 조정방안, 1995
29. 서울시정개발연구원, 제2기 지하철 전면개통에 따른 시내버스 노선체계 개편 구상, 2000
30. 수도권 교통조합, 수도권 광역버스 운행체제 개선방안 연구, 2007
31. 신성일, 교통카드 Data를 활용한 대중교통 평가체계 구축 방안, 서울시정개발연구원, 2007
32. 이상용, 박경아, 시내버스노선체계 평가를 위한 정량적 지표의 설정 및 적용, 대한교통학회지 제21권 제4호, 2003
33. 이신해, 김순관, 김원호, 김승준, 이창, 대중교통 서비스지표 산출연구(2단계), 서울시정개발연구원, 2009

34. 조한선, 박인기, 이동민, 박준석, 교통혼잡비용 추정방법 개선, 한국교통연구원 연구총서 2007-07, 2007
35. 조한선, 이동민, 2007년 전국 교통혼잡비용 추정과 추이 분석, 한국교통연구원 수시연구 2008-07, 2008
36. 조한선, 2009년 전국 교통혼잡비용 추정과 추이 분석, 한국교통연구원 수시연구 2012-02, 2012
37. 조한선, 이동민, 김영춘, 2010년 전국 교통혼잡비용 추정과 추이 분석, 한국교통연구원 수시연구 2013-06, 2013
38. 제주특별자치도, 시내·외 버스 운행노선별 원가검증 용역 보고서, 2013
39. 한상용, 이재민, Erik E. Cempel, 물류정책의 성과지표 개발 및 관리방안, 한국교통연구원, 2006
40. 홍갑선, 지속 가능한 교통체계 전략수립 연구, 한국교통연구원 정책연구 2002-00, 2002
41. 황상규, 송선아, 지속 가능한 도시교통체계 구축방안(2단계): 수도권 교통체계의 지속가능성 평가를 중심으로, 교통개발연구원 연구총서 2004-02, 2004

○ 국외문헌

[차량주행거리 관련]

1. Eom, J. K., Park, M. S., Heo, T. Y., & Huntsinger, L. F., Improving the prediction of annual average daily traffic for nonfreeway facilities by applying a spatial statistical method. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1968, No. 1, pp.20–29, 2006
2. Federal Highway Administration(FHWA), Highway Performance Monitoring System Field Manual, 2013
3. Gadda, S., Kockelman, K. and Maggon, A., Estimates of AADT: Quantifying the Uncertainty, Presented at the World Conference on Transportation Research, 2007
4. Kumapley, R. K., and Fricker, J. D., Review of Methods for Estimating Vehicle Miles Traveled, Transportation Research Record, Volume 1551, 1996
5. Selby, B. and Kockelman, K., Spatial Prediction Of AADT In Unmeasured Locations By Universal Kriging, Transportation Research Board 90th Annual Meeting, No. 11–1665, 2011
6. UK Highway Agency, Traffic Appraisal in Urban Areas in Design Manual for Roads and Bridges, Vol.12, Section2, 1996
7. Wang, X., and Kockelman, K. M.. Forecasting Network Data. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2105, No. 1, pp.100–108, 2009
8. William, E. Frawley, Random Count Site Selection Process for Statistically Valid Estimations of Local Street Vehicle Miles Traveled, Transportation Research Record, 2007

[교통망성능평가 관련]

1. Clemen Robert T.(1996), Making Hard Decision: An Introduction to Decision Analysis, NewYork, Duxbury Press, 1996
2. Dale V. Russell, C. Hadley M. Kane M., and Gregory R.(1996), Applying Multi-Attribute Utility Techniques to Environmental Valuation: A Forest Ecosystem Study, Paper Presented at the Solution Economic Association Meetings,

- Washington, D.C., 1996
3. Department for Transport, Vehicle Speeds Statistics—Statistical Release, 2013
  4. EPA, Guide to Sustainable Transportation Performance Measures, United States Environmental Protection Agency, 2011
  5. Florida DOT, Florida's Mobility Performance Measures Program, 2000
  6. Imperial College London, Key Performance Indicators for traffic management and Intelligent Transport Systems, 7th Framework Programme, CONDUITS(Coordinatin Of Network Descriptors for Urban Intelligent Transport System), 2011
  7. Mingzhou Jin, Haiyuan Wang, Clay Thomas Walden, System Performance Measures for Intermodal Transportation with a Case Study and Industrial Application, National Center for Intermodal Transportation, 2004
  8. OECD, Performance Indicators for the Road Sector: summary of the field tests, OECD Road Transport and Intermodal Research, 2001
  9. Lewison Lee Lem, Jian-Ling Li, Martin Wachs, Comprehensive Transit Performance Indicators, Institute of Transportation Studies School of Public Policy and Social Research, University of California at Los Angeles, 1994
  10. TfL, London Travel Report 2007, Transport for London, 2007
  11. Transportation Association of Canada(2006), Performance Measures for Road Networks: A Survey of Canadian Use, Transport Canada, 2006
  12. TRB, NCHRP Report 446: A Guidebook for Performance-Based Transportation Planning, Transportation Research Board National Cooperative Highway Research Program, 2000
  13. TRB, TCRP Report 100: Transit Capacity and Quality of Service Manual, Transportation Research Board Transit Cooperative Research Program, 2003
  14. TRB, NCHRP Report 664: Measuring Transportation Network Performance, Transportation Research Board National Cooperative Highway Research Program, 2010
  15. TRB, TCRP Report 88: A Guidebook for Developing a Transit Performance-Measurement System, Transportation Research Board Transit Cooperative Highway Research Program, 2013
  16. TRB, TCRP Report 165: Transit Capacity and Quality of Service Manual(3rd

- edition), Transportation Research Board Transit Cooperative Highway Research Program, 2013
17. TTI, Urban Mobility Report 2012. Texas A&M Transportation Institute, 2012
  18. TTI, Data Processing Steps in Mobility Monitoring Program ([http://mobility.tamu.edu/files/2011/09/MMP\\_data\\_processing.pdf](http://mobility.tamu.edu/files/2011/09/MMP_data_processing.pdf)), 2012
  19. UITP, Report on Statistical Indicators of Public Transport Performance in Africa, UITP—the International Association of Public Transport & UATP—Union Africaine des Transports Publics African Association of Public Transport, 2010
  20. UITP, Public Transport Statistics Report: Latest figures on the urban bus fleet in the European Union, UITP—the International Association of Public Transport, 2013
  21. U.S. DOT, Transportation Performance Measures in Australia, Canada, Japan and New Zealand, Federal Highway Administration, 2004
  22. Zimmermann H. J., Fuzzy Sets, Decision Making, and Expert Systems, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1987