

# 비정상 주행속도 프로파일 추정기술을 이용한 중량계측 불응 단속시스템 개발

Development of weight measurement non-compliance  
enforcement system using abnormal driving speed profile  
estimation technology

2023.12.

# 비정상 주행속도 프로파일 추정기술을 이용한 중량계측 불응 단속시스템 개발

Development of weight measurement non-compliance  
enforcement system using abnormal driving speed profile  
estimation technology

2023.12.

한국건설기술연구원  
연구책임자/김 성 현  
연구수행자/김 진 우, 김 현 석, 이 치 열

# 요약문

---

## I. 연구 제목

- 비정상 주행속도 프로파일 추정기술을 이용한 중량계측 불응 단속시스템 개발

## II. 연구 목적

- 과적단속 회피를 위해 단속장비 설치구간을 가·감속하여 통과하는 등 비정상적으로 주행하는 화물차량의 속도 프로파일을 판단하는 모형을 개발하고, 타당도 및 신뢰성 분석을 통해 개발모형 및 단속시스템의 일관성을 확보함

## III. 연구 필요성

- 화물자동차 안전운행 강화방안의 일환으로 2021년 국토부는 과적차량 단속업무에 대한 특정감사를 실시하였고, 감사처분 결과 단속구간을 10km 이상으로 통과하여 도로법을 위반하는 경우는 철저 단속을 지시하는 등 이를 판단하기 위해 화물차량의 속도 프로파일을 계산 및 추정하는 기술이 필요하고, 계측불응 행위로 처벌하기 위한 신뢰성 있는 속도 측정 및 단속시스템 도입 필요
- 과적은 안전파괴의 주요 원인으로 작용하고 있으나, 과적 회피 방법은 지능화하는 반면 이를 판단하는 HW 및 SW 기능이 미비하여 단속구간의 비정상 운행 등 불법 행위를 판단하는 기술의 적극적인 개발이 시급함
- 국내의 화물차 과적단속 연구는 차량의 축조작 단속 및 고속주행 중 중량측정시스템의 개발에만 집중되어 있어 다양한 단속회피 행위에 대응하기 위해서는 비정상 주행 여부를 판단할 수 있는 기술 개발이 매우 중요함

## IV. 연구 내용

- 화물차량 비정상 주행패턴 특성 분석
- 화물차량 가감속 등 주행속도 프로파일 추정모형 개발
- 속도 측정 기준장치(시제품) 설계 및 제작

## V. 연구 성과

- 운전자의 인위적인 조작 및 의도적인 행위에 대응한 과적단속은 이제까지 차축 조작을 검지하는 기술을 주로 하였으나, 축하중 및 총중량 단속회피를 위해 중량센서 앞에서 실시하는 가감속 행위를 감지하고 판단하는 방식의 기술 기반 마련
- 저속 주행차량 뿐만 아니라 고속으로 주행하는 차량의 중량을 측정하는 온보드 자중에 적용할 수 있어 현재보다 안전하고 신뢰성이 높은 과적 관리기능 제공

## VI. 차년도 연구 추진계획

- 화물차량 가감속도 프로파일 추정모형 고도화 및 최적화
- 계측불응 여부 판단 프로그램(SW) 개발
- 개발 모형의 타당도 및 신뢰도 분석
- 과적차량 단속검문소 현장 성능 시험 평가
- 국내 과적 단속장비 시장 진출 및 확대 방안제시

# Summary

---

## I . Title of the Research Project

- Development of weight measurement non-compliance enforcement system using abnormal driving speed profile estimation technology

## II . Purposes of the Research

- In order to avoid enforcement for overweight vehicles, we developed a model to determine the speed profile of abnormally driving freight vehicles, such as accelerating and decelerating through sections where enforcement equipment is installed, and secured the consistency of the development model and enforcement system through validity and reliability analysis.

## III . Needs for the Research

- As part of the plan to strengthen the safe operation of freight vehicles, the Ministry of Land, Infrastructure and Transport conducted a specific audit of the crackdown on overweight vehicles in 2021, and as a result of the audit, thorough crackdowns are ordered in cases where road laws are violated by passing the enforcement zone by more than 10km/h. Technology to calculate and estimate the speed profile of freight vehicles is needed to make judgments, and it is necessary to introduce a reliable speed measurement and enforcement system to punish failure to comply with the measurement.
- Overweight is a major cause of safety destruction. However, while avoiding methods to enforcement for overweight vehicles are becoming more intelligent, the HW and SW functions to determine this are insufficient, so there is an urgent need for active development of technology to determine illegal activities such as abnormal driving in enforcement zones.
- Domestic research on overweight trucks is focused only on the development of

weight measurement systems during vehicle axle manipulation and high-speed driving, so it is very important to develop technology that can determine whether driving is abnormal in order to respond to various enforcement avoidance actions.

#### **IV. Contents of the Research**

- Analysis of abnormal driving pattern characteristics of freight vehicles
- Development of driving speed profile estimation model, including acceleration and deceleration of freight vehicles
- Design and production of speed measurement standard device (prototype)

#### **V. Achievements of the Research**

- Enforcement for overweight vehicles in response to the driver's artificial manipulation and intentional actions has so far mainly used technology to detect axle manipulation, but in order to avoid axle load and total weight enforcement, technology is developed to detect and judge acceleration and deceleration in front of the axle weigher.
- It can be applied to on-board weighing sensor that measures the weight of not only low-speed vehicles but also high-speed vehicles, providing management for overweight vehicles that is safer and more reliable than the current one.
  - On-site performance evaluation at weigh station
  - Suggestions for entering and expanding the domestic market of enforcement equipment for overweight vehicles

# 목 차

---

<b>제 1 장 서론</b> .....	<b>1</b>
1. 연구 개요 .....	1
2. 연구 배경 및 필요성 .....	3
3. 연구 목표 및 내용 .....	5
<b>제 2 장 국내외 현황</b> .....	<b>7</b>
1. 국내 현황 .....	7
1.1 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 연구개발 현황 .....	7
1.2 한국건설기술연구원(KICT)의 연구개발 현황 .....	8
2. 국외 현황 .....	10
3. 국내외 현황 분석 .....	11
3.1 국내시장 · 산업 동향 .....	11
3.2 국외시장 · 산업 동향 .....	12
3.3 사업성 전망 .....	14
<b>제 3 장 연구 추진 내용</b> .....	<b>15</b>
1. 연구 추진 전략 및 체계 .....	15
1.1 연구 추진 전략 .....	15
1.2 연구 추진 체계 .....	18
2. 비정상 주행차량 속도 프로파일 추정 모형 개발 .....	20
2.1 차량 속도 프로파일 기존 연구 검토 .....	20
2.2 화물차량 가감속 등 화물차량 비정상 주행패턴 특성 분석 .....	21
2.3 비정상 주행차량 속도 프로파일 추정 모형 개발 .....	26
3. 속도 측정 기준장치 설계 및 제작 .....	35
3.1 화물차량 주행 속도 분석 구간 검토 .....	35
3.2 속도 측정 기준장치 제작 .....	36
<b>제 4 장 결론</b> .....	<b>51</b>
1. 연구 성과의 우수성 .....	51
2. 성과표 달성 .....	54
3. 파급 효과 .....	55
3.1 기대효과 .....	55

제 5 장 차년도 연구계획 .....	57
1. 연구개발의 목표 및 내용 .....	57
2. 차년도(2차년도) 성과지표 .....	58
3. 연구개발 로드맵 (TRM) .....	59
참고 문헌 .....	60

# 표 목 차

---

표1.1 국내 자동차 사고 및 사망건수(2018년~2021년) .....	3
표3.1 수집 Sample 자료 비교를 위한 속도 추정값 예시 .....	34
표3.2 진입 및 진출 속도 센서와 와 포토센서 제어기간 통신 .....	43
표3.3 진입 및 진출 속도 수집장치와 주행속도 프로파일 통합제어기간 통신 .....	43
표3.4 진입 및 진출 속도 수집장치와 통합제어기간 통신 규격 .....	44
표3.5 레이더 속도 측정 기준장치 통신 .....	44
표3.6 레이더 속도 측정 기준장치 통신규격 .....	45
표3.7 레이더 속도 측정 기준장치 통신 세부설명 .....	45
표3.8 참고영상 CCTV 와 주행속도 프로파일 통합제어기 통신 .....	46
표3.9 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 통신 .....	46
표3.10 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 통신 : 상태요청 .....	47
표3.11 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 통신 : 통신해더 .....	47
표3.12 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 통신 : 검측정보 .....	47
표3.13 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 FTP 통신 .....	49
표3.14 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 FTP 세부내용 .....	49
표4.1 본 연구의 성과지표 달성 현황 .....	54
표4.2 경제적 파급효과 .....	55

# 그림 목 차

---

그림1.1 화물차량 가감속 주행속도 프로파일 추정 기술개발의 개요 .....	2
그림1.2 국내 화물 연도별 수송 수단별 수송량 .....	4
그림1.3 1차년도 연구개발 내용 .....	5
그림1.4 차년도 연구개발 내용 및 테스트베드 .....	6
그림2.1 KAIA의 'AI 데이터 중심의 화물차 운송안전 향상 기술개발' 사업 개념도 .....	7
그림2.2 과적 단속검문소에서의 화물자동차 축조작 개념 .....	8
그림2.3 KICT 건설 CALS 빅데이터 서비스 기술 개발 연구 주요 내용 .....	9
그림2.4 KICT AI 기반 차축 조작 과적차량 검지기술 개발 연구 주요 내용 .....	9
그림2.5 호주의 국가 중차량 관리청 조직 구성도 .....	10
그림2.6 국내 과적차량 단속검문소 종류 및 운영 모습 .....	11
그림2.7 해외 과적차량 단속시스템 운영 현황 .....	13
그림2.8 컨테이너 터미널 Gate에 VGM을 위해 축중기를 설치 적용하는 개념 ..	14
그림3.1 본 연구의 추진 및 협력 체계 .....	15
그림3.2 테스트베드 설치 위치 (논산 국토관리사무소 정안과적차량검문소) .....	16
그림3.3 본 과제 연구개발의 절차 및 방법 .....	17
그림3.4 KICT 연구 추진 및 인력투입 방안 .....	18
그림3.5 회귀모델 방식의 가·감속 및 주행속도 프로파일 모형 .....	20
그림3.6 차량의 운동학적 가·감속 및 주행속도 프로파일 모형 개념 .....	21
그림3.7 단속구간 진입 화물차량의 속도 원시자료 수집 HW/SW 개념도 .....	22
그림3.8 속도 산출을 위한 레이더 데이터 처리 방안 .....	23
그림3.9 개발 레이더(기준 검지기) 데이터 변환 프로그램 .....	23
그림3.10 도로 본선구간 또는 무인 검문소를 통과하는 화물차량의 주행패턴 ..	24
그림3.11 과적검문소 단속구간을 통과 주행하는 화물차량의 속도 특성 .....	25
그림3.12 화물차량의 속도 프로파일 추정모형 개발 프로세스 .....	26
그림3.13 차량의 운동학적 모델 기본 모형 .....	27
그림3.14 과적의심 차량의 단속구간 통과 시의 주행패턴 .....	28
그림3.15 형상계수에 따른 저크 함수의 형태 변화 .....	30
그림3.16 화물차량 주행패턴 그래프 분할 및 좌표 변환 .....	33
그림3.17 화물차량 주행 속도 분석 구간 .....	35
그림3.18 현장 실사 (화물차량 주행 속도 분석 구간) .....	35

그림3.19 진입 및 진출 속도 수집장치 (포토센서) .....	36
그림3.20 속도측정 기준장치(레이더) .....	38
그림3.21 속도측정 기준장치 폴(Pole) 제작 .....	38
그림3.22 속도측정 기준장치 및 참고영상(CCTV) 거치 .....	39
그림3.23 진입 및 출입 속도 수집장치 모듈 .....	40
그림3.24 주행속도 프로파일 통합제어기 (과적검문소 사무실) .....	41
그림3.25 주행속도 프로파일 통합제어기 소프트웨어 메인화면 .....	42
그림3.26 주행속도 프로파일 통합제어기 데이터 개념도 .....	42
그림4.1 기존 차량 속도 프로파일 모델 대비 개발모형의 기술적 우수성 .....	52
그림4.2 등속주행 시 자중계 동적하중 계측정확도 개선에 적용 .....	53
그림4.3 개발 기술의 향후 성장성 .....	56

# 제 1 장

## 서 론

### 1. 연구 개요

○ 도로관리청이 과적차량 단속을 위해 고속도로 톨게이트 및 일반국도 고정식검문소에 설치한 중량 계측구간\*을 등속 주행으로 통과하지 않는 등 단속을 회피하고 있어, 본 연구를 통해 가·감속 또는 Stop-and-Go 형태로 비정상 주행하는 화물차의 속도 프로파일을 추정하는 모델을 개발하고, 이를 활용하여 단속원이 불법 운행 여부를 판정할 수 있는 의사결정 지원기술을 확보함

\* 중량 계측구간의 통행속도는 정확한 무게 계측을 위해 도로법 시행령 제80조의 2에 따라 10km 이하 이어야 하고, 이때 감속 또는 가속하는 행위는 시행령 제 80조에 의해 측정방해 행위로 간주

- 과적단속 회피를 위한 화물자동차의 비정상 주행패턴 분석기술 개발

- 차량 운전자의 인위적인 조작으로 인해 발생하는 비정상 주행은 차량의 등속 주행과 비교할 때 속도 변화가 크게 발생
- 속도 변화는 관성 에너지에 의해 차량의 무게 중심을 이동시켜 차량 축의 무게 분배율을 왜곡시켜 측정오차 발생의 주요 원인으로 작용
- 등속도 주행 위반 여부를 판단하기 위한 기초 요소기술로 비정상 주행패턴을 분석함

- 화물자동차 주행속도 프로파일 추정모형 개발

- 과적차량 단속을 위해 사용하는 중량측정 장비인 저속축중기의 계측구간을 통과하는 화물자동차의 가·감속도 등 주행패턴을 판단하는 속도 프로파일 추정모형 개발

- 기준 장비(레이다)를 이용한 실제 측정값과 모형추정값 비교를 통한 타당도 및 신뢰도 분석
  - Cronbach  $\alpha$  등 내적일관성 신뢰도 분석을 통한 개발모형의 타당도 및 신뢰도 분석
  - 단속원이 속도 불법운행 여부를 판정할 수 있는 의사결정 지원 기술 제공

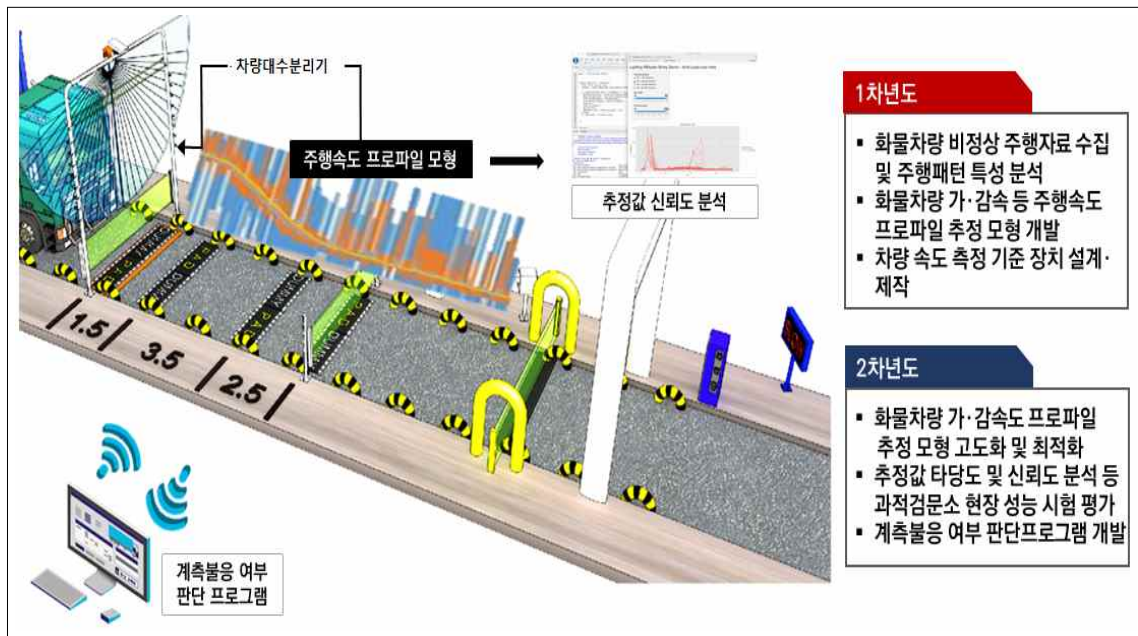


그림 1.1 화물차량 가감속 주행속도 프로파일 추정 기술개발의 개요

## 2. 연구 배경 및 필요성

- (연구 배경) 국토교통부 등 도로관리청은 도로포장 및 교량 등 도로 기반시설의 보호와 통행의 안전을 위해 「도로법」 제77조에 따라 운행제한 기준을 초과하는 차량을 하위법령에 명시한 규정에 따라 단속을 수행하고 있으나, 운전자의 인위적인 조작 및 위반행위로 인해 단속효율이 떨어지고 있어 정부는 화물차 사고 줄이기 정책 수행의 일환으로 과적단속 강화 방안을 강구하고 있음
- 화물자동차의 사고는 대형 사고로 확대 가능성이 높고 높은 치사율\* 때문에 과적차량 운행 예방 및 방지 등 교통안전에 대한 국민 불안이 높은 실정으로 정부는 관계부처 합동으로 「2020년 교통사고 사망자 줄이기 대책」을 마련하는 등 노력하고 있으나, 과적 화물차량 단속 건수는 연평균 5만여 건으로 과적운행 행태가 여전한 실정으로 화물자동차 안전운행 강화가 중요 정책으로 부각
- \* 차량 전체 사고의 치사율 대비 화물차량 사고 시 치사율이 2배가량 높으며, 전체 대비 화물차 사고 시 발생하는 사망자 수의 비율 또한 여전히 감소하지 않는 추세임

표1.1 국내 자동차 사고 및 사망건수(2018년~2021년)

구 분		2018년	2019년	2020년	2021년
전체	사고건수	217,148	229,600	209,654	203,130
	사망자수	3,781	3,349	3,081	2,916
	치사율(%)	1.74	1.46	1.47	1.44
화물차	사고건수	27,562	28,788	27,063	26,081
	사망자수	868	802	721	687
	치사율(%)	3.15	2.79	2.66	2.63
전체 대비 화물차비율	사고건수(%)	12.7	12.5	12.9	12.8
	사망자수(%)	23.0	24.0	23.4	23.4

- (연구 필요성) 국내의 경우는 화물수송의 90% 이상을 도로가 분담하고 있어 화물차량의 안전 운행은 중요하게 인식되고 있으며 과적은 안전파괴의 주요 원인으로 작용하고 있으나, 과적 회피 방법은 지능화하는 반면 이를 판단하는 HW 및 SW 기능이 미비하여 단속구간의 비정상 운행 등 불법행위를 판단하는 기술의 적극적인 개발이 시급함



그림1.2 국내 화물 연도별 수송 수단별 수송량

- 화물자동차 안전운행 강화 방안의 일환으로 2021년 국토부는 과적차량 단속업무에 대한 특정감사를 실시하였고, 감사처분 결과 단속구간을 10km 이상으로 통과하여 도로법 시행령 제80조의2를 위반하는 경우와 감속 또는 가속하는 행위 등으로 시행령 제80조를 위반하는 경우는 철저히 단속을 지시하는 등 이를 판단하기 위해 화물차량의 속도 프로파일을 계산 및 추정하는 기술이 필요하고, 계측불응 행위로 처벌하기 위한 신뢰성 있는 속도 측정 및 단속시스템 도입 필요
- 기존 단속 장비인 저속측중기에서 출력되는 속도 측정 결과의 미비점을 보완하고, 산정 자료의 신뢰성과 공정성을 확보하여 비정상 주행 여부를 판단할 수 있는 기술 개발이 필요함
- 특히 국내의 화물차 과적단속 연구는 차량의 축조작 단속 및 고속주행 중 중량측정 시스템의 개발에만 집중되어 있어 다양한 단속회피 행위에 대응하기 위해서는 본 연구과제의 개발이 매우 중요함

### 3. 연구 목표 및 내용

- (연구 목표) 과적단속 회피를 위해 단속장비 설치구간을 가·감속하여 통과하는 등 비정상적으로 주행하는 화물차량의 속도 프로파일을 판단하는 모형을 개발하고, 타당도 및 신뢰성 분석을 통해 개발모형 및 단속시스템의 일관성을 확보함
- 요청 중소기업 기술지원을 통한 기업의 성장 동력 기반 조성
  - 지원기업이 요청한 애로사항에 대해 기술적 타당성을 분석하고, 과제 수행을 위한 최적화 방안을 제시하고, 실증시험 등 현장 검증을 실시하여 중소기업의 제품 상용화를 위한 기반 제공
  - 지원요청 기업의 제품개발 의지가 매우 높은 만큼 시작품 개발부터 상용화까지 사업화 계획을 적극적으로 지원함
- 화물자동차 주행속도 프로파일 추정모형 개발(1차년도)
  - 등속도 위반 여부를 판단하기 위한 기초 요소기술로 비정상 주행패턴 분석기술 개발
  - 단속장비 설치구간을 평균 10km 이하로 통과하였으나, 단속회피를 위해 등속도로 주행하지 않고 가속 및 감속 조작행위를 판단할 수 있는 화물차량 가·감속도 프로파일 추정모형 개발
  - 단속구간 통과 화물차량의 속도 산출을 위한 속도 측정 기준장치 설계·제작



그림 1.3 1차년도 연구개발 내용

- 개발 모형의 고도화, 타당도(Validity) 및 신뢰도(Reliability) 분석과 실증 실험 (2차년도)
  - 화물차량 주행속도 프로파일 추정모형 고도화 및 최적화
  - 레이더 등 비매설식 기준 장비의 실 측정값과 비교 분석을 통해 개발 모형의 타당도와 단속시스템의 신뢰도 분석
  - 일반국도 과적단속 고정식검문소를 대상으로 실증테스트 및 성능검증을 통한 현장 적용성 확보

▣ 현장 실증연구 및 개발 기술의 타당도와 신뢰도 분석

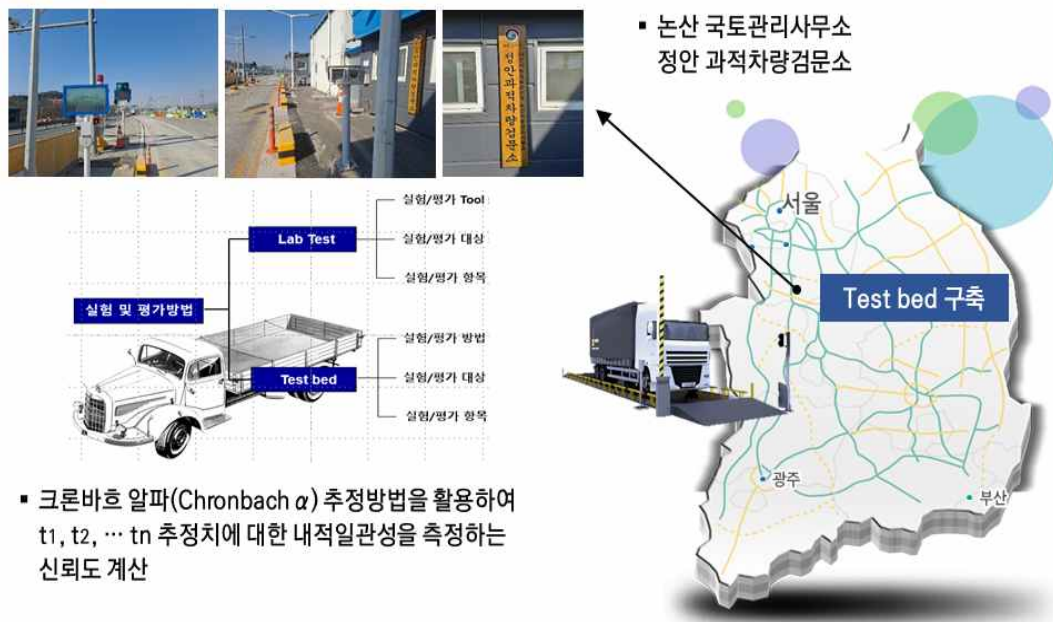


그림1.4 차년도 연구개발 내용 및 테스트베드

- 특허 출원 및 기술이전
  - 기술 특허 출원 1건 진행(과적차량 단속구간에서 화물차량의 비정상 주행속도 프로파일 추정 방법)
  - 비정상 주행속도 프로파일 추정기술을 이용한 중량계측 불응 단속시스템 관련 기술 실시계약 1건 진행
- 논문발표 등
  - 국내 학회(한국ITS학회) 학술대회 발표 2건

# 제 2 장

## 국내외 현황

### 1. 국내 현황

#### 1.1 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 연구개발 현황

- (AI 데이터 중심의 화물차 운송안전 향상 기술개발) 화물차의 과적·적재불량 문제 해결을 위해 고속주행 환경에서 AI기술을 활용하여 과적·적재불량을 단속하는 시스템(검지-판별-단속-연계-관리) 개발을 목표로 5년간('22~'26) 추진하는 R&D 사업
  - 고속 주행 중 차축 조작 등 과적 의심차량 검지 알고리즘 및 검지기술 개발
  - 과적 의심 및 적재불량 화물차량 선별 및 단속 플랫폼, 화물차 DB연동 기술개발
  - 화물차 적재물 분석 및 낙하물 발생 유무 판별 기술개발

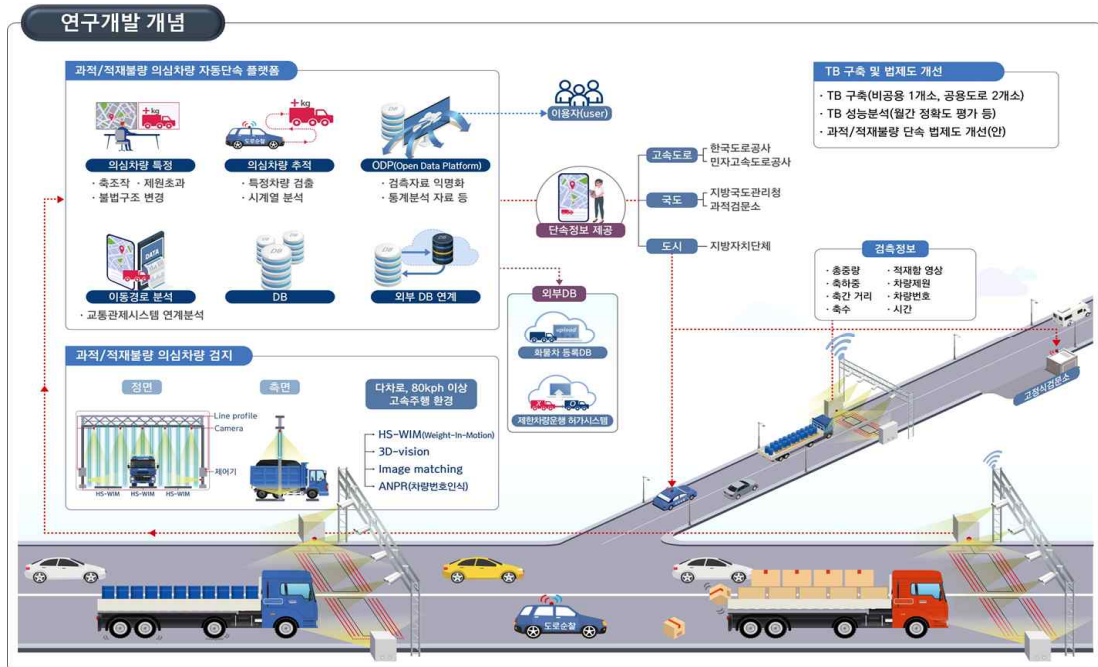


그림2.1 KAIA의 'AI 데이터 중심의 화물차 운송안전 향상 기술개발' 사업 개념도

- (영상기반 축조작 단속시스템, 2015) 1차 및 2차 영상을 획득하고 획득된 영상에서 전처리, 에지 추출, 대표선 추출 및 비교를 통하여 축조작을 검출하는 축조작 차량 단속 모니터링 시스템을 개발하여 기존 시스템과 연동 가능한 WIM 축조작 차량 단속 모니터링 시스템 개발 사업수행



그림2.2 과적 단속검문소에서의 화물자동차 축조작 개념

- (광섬유 센서 기반 과적단속 및 제어시스템 상용기술 개발, 2018~2021) 과적 단속을 위한 Fiber-optic WIM 센서 및 연계시스템 기술개발을 목표로 추진한 R&D 과제 수행
  - Fiber-optic WIM 센서 및 광신호 제어부 광섬유 기반의 센서와 광 신호처리 시스템 개발
  - 스마트 과적단속 시스템 : WIM 시스템(구성 : 광섬유 센서, 광신호 처리기, WIM 제어기)과 연계시스템(영상장치, VMS, 운영시스템 등)을 이용하여 스마트 톨링 환경하에서 최적의 과적단속을 수행할 수 있는 시스템 개발
- 그 외에 '도로교통 시스템 운영유지보수 관리비용 최소화 및 해외시장 개척을 위한 원격 검침형 AVC/VDS/WIM 융복합시스템 개발과 Class I 급 PVDF 센서 국산화', '주행차량 중량측정을 위한 매트릭스 WIM 센서 시스템 실용화 연구', '초음파 센서 및 CCTV 카메라를 이용한 적재불량검지시스템 개발' 등의 기술과제 수행

## 1.2 한국건설기술연구원(KICT)의 연구개발 현황

- (건설 CALS 빅데이터 서비스 기술 개발 연구, 2020) 과적 예방과 단속업무를 지원하기 위해 화물차량의 이동경로와 과적단속을 위한 최적위치 예측모델을 개발하고, 화물차량에 장착한 중량센서 기반(자중계)의 선제적 과적 관제 및 예방 기술 개발



그림2.3 KICT 건설 CALS 빅데이터 서비스 기술 개발 연구 주요 내용

- 검차 및 단속정보, 교통량 정보(화물차량의 지점별·시간대별 교통량), 기상정보 등을 분석·활용한 화물차량 단속 최적위치 예측서비스 기술을 개발함
- 기존 정보와 더불어 화물DTG 정보, 산업단지 정보, 공사현장 정보 등을 추가 분석·활용하여 단속지점을 회피하는 화물차 우회로에 대한 예측서비스 기술 개발
- (AI 기반 차축 조작 과적차량 검지기술 개발, 2021) 중소·중견기업 지원사업으로 수행한 과제로서 과적검문소 통과 시 차축을 모두 내려 정상 통과 후 본선 주행 시에는 가변축을 들어(축하중 초과) 과적하는 화물차량을 <저조도카메라+열화상카메라> 수집정보를 기반으로 AI 기술을 활용하여 추출하는 기술을 개발함
  - DB 분류 시간 단축 및 자동화를 위한 CNN 기반 분류기 개발
  - 과적검문소 계중 정보 융합형 AI기반 차축 조작 과적차량 검지 기술 개발
  - 차축 조작 영상 DB 수집 플랫폼 및 시제품 제작



그림2.4 KICT AI 기반 차축 조작 과적차량 검지기술 개발 연구 주요 내용

## 2. 국외 현황

- 1980년대 중반 피에조세라믹(Piezoceramic) 센서를 이용한 고속측중기 시스템을 활용하기 시작한 이후, 현재 세계 각국은 도로교통의 운영에 있어서 과적이 도로구조물과 차량의 안전사고에 끼치는 영향이 주요 요인으로 인식되고 있고, 일부 국가는 통행비용을 실제 운송거리 및 차량 무게에 따라 부과하는 경우도 있으며 이러한 추세에 따라 저·고속측중기를 이용한 과적차량의 단속 및 통제, 교통운영 관리기법은 자국의 교통 환경 및 도로교통 법령체계에 따라 다양한 형태로 활용하고 있음
- (유럽) 대부분의 유럽연합 국가들은 단속의 주체가 경찰이며, 고속측중기(WIM)를 통하여 과적 의심차량 선별 및 DB 구축·활용하며 주로 경찰주체의 이동단속 위주의 정책을 펼치고 있음
- (일본) 일본은 총중량에 대한 기준은 대체로 까다로운 편이며, 중차량에 대한 허가제를 실시하고 있음. 특히 국토교통성은 '08년 10월부터 특수차량 통행에 관한 지도단속 강화하여 검문소와 차량중량자동계측장치(고속측중기) 연계한 단속 정책 시행 중
- (영국/호주) 다른 국가들과는 다르게 과적차량 관련 정책 및 단속을 위해 국가 차원의 전문조직(영국의 DVSA(Driver and Vehicle Standards Agency) 및 호주의 NHVR(National Heavy Vehicle Regulator))을 구성하여 운영하고 있으며, 단속원에게도 경찰과 같은 단속 권한을 부여하고 있음

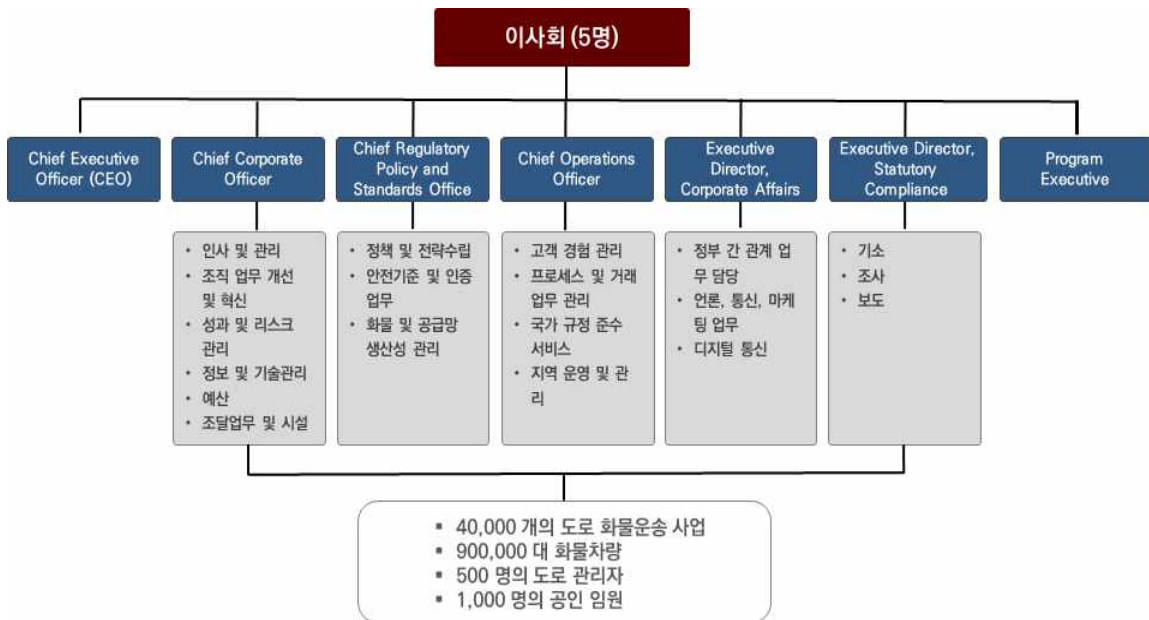


그림2.5 호주의 국가 중차량 관리청 조직 구성도

### 3. 국내외 현황 분석

#### 3.1 국내시장 · 산업 동향

- 현재 과적차량 단속시스템은 일반국도(고정검문소 25개소, 이동검문소 212개소), 고속국도(한국도로공사 영업소 357개소, 민자고속도로 영업소 114개소) 및 지자체에서 운영되고 있으며, 환경부의 ‘가축분뇨전자인계관리시스템’ 및 해수부의 ‘컨테이너 총중량 검증제’ 등에서도 중차량 관리를 위한 차량 계중시스템을 도입·운영 중
- (도로관리청) 국토부를 비롯한 도로관리청은 도로인프라 보호 및 통행의 안전을 위해 도로법에 의거 과적차량을 지속적으로 단속하고 있으며, 지능화하는 단속회피 방법에 대응하고 도로 안전사고의 주범인 과적단속을 위해 단속장비 선진화 및 개선 위한 기술정책을 꾸준히 추진하고 있음



그림2.6 국내 과적차량 단속검문소 종류 및 운영 모습

- (환경부) 환경부는 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에 따라 가축분뇨의 불법 투기나 무반방류에 대한 관리를 위해 2013년 및 2014년 시범사업을 통해 ‘가축분뇨전자인계관리시스템’에 중량측정장치인 자중계(1차 시범 105대, 2차 시범 150대)를 도입하였고 시스템을 확대·운영 중
- (해양수산부) 2016년 7월 1일부터 국제해사기구(IMO)의 해상인명안전조약(SOLAS)의 개정안인 ‘컨테이너 총중량 검증 의무제도’가 시행됨에 따라, 선박안전법 제36조에 의해 화주는 컨테이너에 화물을 넣어 운송(수출)하고자 하는 경우는 화물 총중량을 검증하여 선사와 터미널에 화물 총중량(Verified Gross Mass, VGM) 정보를 제공하여야 함
  - 컨테이너화물 총중량(VGM)을 계측하기 위해 승인된 중량측정소에서 화물차량에 적재된 컨테이너 중량을 측정하거나, 컨테이너 내 모든 개별 품목의 중량값에

컨테이너 중량을 합산하여 중량정보를 제공하고 있음

- 화물중량정보를 미제공하거나 제공정보가 5% 이상의 오차가 발생하면 무게 검증 후 500만 원 이하의 과태료를 부과○ 본 연구에서 개발, 구축되는 시스템은 국내외 어디에도 구축 사례가 없으며 노선버스 서비스가 제공되고 있는 지역은 어디나 적용할 수 있음

### 3.2 국외시장 · 산업 동향

- 유럽은 COST323, DRIVE, WAVE, CORDIS, Asset Program 등 1980년대부터 과적 및 단속시스템 개발, 성능기준 등에 관한 다양한 연구를 수행해 오고 있으며, 미국은 연방도로국의 LTPP(Long-Term Pavement Performance) 프로그램을 중심으로 중량정보 및 포장과 연관한 연구를 수행하고 있으며, TRB 및 각 주에서 정책 및 시스템 관련 연구를 수행하고 있음
- (네덜란드) WIM 시스템을 이용하여 직접 과적단속하는 시스템을 운용중으로, 전국 10개소에 카메라와 연동시킨 피에조쿼츠(Piezo-quartz) 형식의 센서를 이용하여 24시간 실시간 감지를 하고 있으며, 과적 감지차량에 대해서 번호판 영상판독을 통해 차주에게 경고장을 발송하는 제도를 운영하고 있음
- (프랑스) 비디오카메라와 연계한 VID-WIM 시스템을 이용하여 프랑스 전역에 주요 단속지점을 선정하여 과적관리 시스템 구축. 1차적으로 카메라와 연동시킨 고속축중기를 이용하여 과적의심차량을 선별하고 VMS를 이용하여 과적의심차량을 전방 검문소로 유도 후 정적 또는 저속축중기를 통해 실제 과적여부를 판정하고, MS(Multi-sensor)-WIM을 이용하여 측정값의 정확도를 향상하는 연구 진행 중
- (독일) 다양한 형태의 WIM 시스템을 이용하여 약 40개소에서 과적단속을 시행 중이며, 프랑스에서처럼 고속축중기와 카메라를 연동한 1차 단속에 이은 2차 검문소 계량방법을 적용하고 있고, 정확도 향상을 위해 기존의 저속축중기(Bending Plate 형식) 시스템을 고속축중기(Piezo-quartz 형식)로 교체사업 실시
- (헝가리) 2017년 9월 헝가리는 국가중량관리시스템(NAWS, National Axle Weighing System)을 본격 가동하기 시작하여 2018년 89개소에 고속 WIM 시스템을 설치하여 과적차량 단속에 적용하고 있으며, 단속을 위한 측정정확도는 국제법정계량기구(OIML)의 기준으로 총중량은 등급 5, 축하중은 E/F 등급(OIML 5/E-F)으로

운영하고 있음





 <p>Hungarians launch automatic fines for overloaded trucks thanks to a new feature of the TSM system</p> <p>2018년 말부터 89개소 107개 지점에 무인 과적단속 시스템을 국가 사업으로 도입하여 운영</p>	<p><b>France 2010 - 2020</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Since 2010: WIM network, 29 systems in operation provided by Sterela</li> <li>• 30 millions of trucks weighted/yr</li> <li>• 5 to 8% are overloaded mostly by 5 to 10% (GVW or single axle)</li> <li>• 500 static scales and 3 LS-WIM in operation for enforcement, but it requires staff and time =&gt; less than 0.1% of the traffic flow is checked (50,000 trucks/yr)</li> </ul> 																
 <p>&lt;헝가리의 고속축중기설치 운영 현황 &gt;</p>	<p><b>Toward direct Enforcement by WIM in France</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2014-16: lab and Accelerated Pavement Testing (APT) tests (Nantes) of several WIM</li> </ul> <table border="1" data-bbox="829 728 1197 795"> <thead> <tr> <th></th> <th>Quartz</th> <th>Ceramic</th> <th>Polymer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lab: bending / Transp. Loc.</td> <td>0.04 % / 1.7%</td> <td>1.5 % / no test</td> <td>1.3 % / noise 3%</td> </tr> <tr> <td>APT: speed/temp/transp loc</td> <td>1 / 3.4 / 5 %</td> <td>2 / 1 / 11 %</td> <td>10 / 25 / 16 %</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>10 %</td> <td>17%</td> <td>35%</td> </tr> </tbody> </table> <p>=&gt; only piezoquartz sensors are eligible for direct enforcement</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2015-2019: on-road tests on motorway (A4, Saint-Avoird) in eastern France:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1585 vehicles weighed in motion and in static on approved scales, 68% T2S3, 18.5% vans</li> </ul> </li> </ul>  <p>&lt;프랑스의 고속축중기 운영 현황&gt;</p>		Quartz	Ceramic	Polymer	Lab: bending / Transp. Loc.	0.04 % / 1.7%	1.5 % / no test	1.3 % / noise 3%	APT: speed/temp/transp loc	1 / 3.4 / 5 %	2 / 1 / 11 %	10 / 25 / 16 %	Total	10 %	17%	35%
	Quartz	Ceramic	Polymer														
Lab: bending / Transp. Loc.	0.04 % / 1.7%	1.5 % / no test	1.3 % / noise 3%														
APT: speed/temp/transp loc	1 / 3.4 / 5 %	2 / 1 / 11 %	10 / 25 / 16 %														
Total	10 %	17%	35%														

그림2.7 해외 과적차량 단속시스템 운영 현황

- (독일) 다양한 형태의 WIM 시스템을 이용하여 약 40개소에서 과적단속을 시행 중이며, 프랑스에서처럼 고속축중기와 카메라를 연동한 1차 단속에 이은 2차 검문소 계량방법을 적용하고 있고, 정확도 향상을 위해 기존의 저속축중기(Bending Plate 형식) 시스템을 고속축중기(Piezo-quartz 형식)로 교체사업 실시
- (헝가리) 2017년 9월 헝가리는 국가중량관리시스템(NAWS, National Axle Weighing System)을 본격 가동하기 시작하여 2018년 89개소에 고속 WIM 시스템을 설치하여 과적차량 단속에 적용하고 있으며, 단속을 위한 측정정확도는 국제법정계량기구(OIML)의 기준으로 총중량은 등급 5, 축하중은 E/F 등급(OIML 5/E-F)으로 운영하고 있음
- (미국/캐나다) 고속축중기와 카메라를 연동한 1차 단속에 이은 2차 검문소 계량방법을 사용. 특히 미국에서는 ITS 기술요소를 접목시킨 화물차 정보체계 및 화물차 정보망(CVISN Program)을 구축하여 중량자료, 안전사고 기록 등의 화물차 정보를 통합 관리자료로 데이터베이스화하여 운영 중이며, WIM 시스템에는 화물차의 위치 및 하중정보를 검지할 수 있는 리더기를 포함하여 운영

- (일본) 고속측중기와 카메라를 연동하여 직접단속을 실시. 특징적인 것은 고속 측중 계량을 위해 센서를 Multi-sensor로 구성하여 측정값의 정확도를 높여 직접 단속에 따른 측정 신뢰성 향상에 노력

### 3.3 사업성 전망

- o 도로관리청이 관리하는 일반국도와 고속국도의 검문소 및 톨게이트 500여 개소의 1,000여 지점은 과적단속의 기본적인 시장규모로 작용할 것이며, 아직 제한적이기는 하나 '가축분뇨전자인계관리시스템', '컨테이너화물 총중량 검증제' 등 관련 기술의 시장범위는 점진적으로 확대되고 있는 추세임.

이처럼 측중기와 관련한 시장은 공공을 대상으로 하는 시장이며 안전이라는 사회 문제를 해결해야 하는 특성 또한 갖고 있어 정책지원이 중요한 시장으로 일정 수준의 사업성이 보장될 것으로 예측함

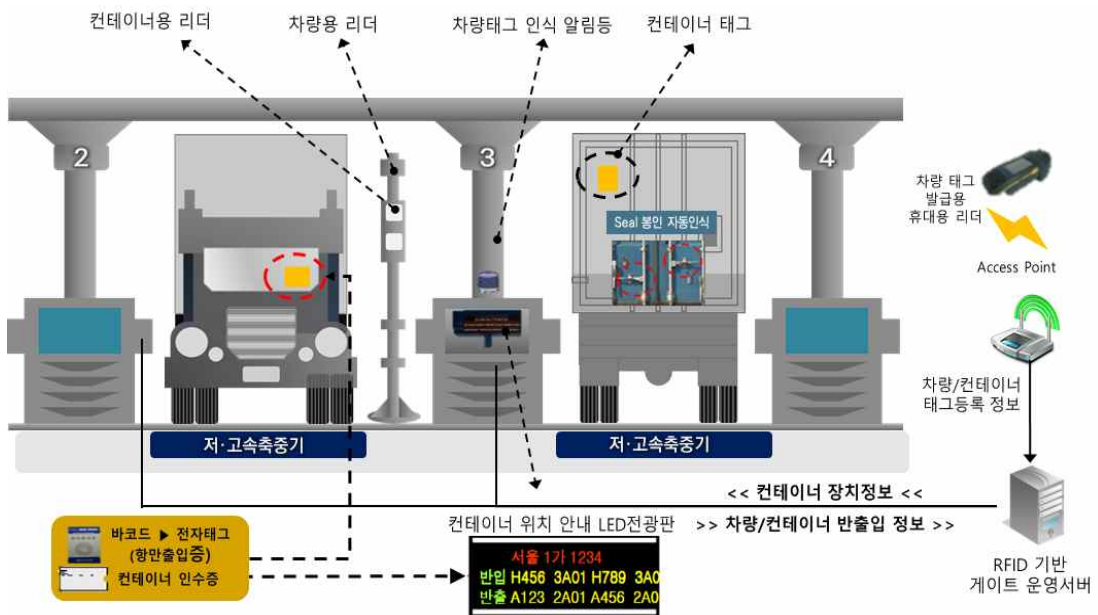


그림2.8 컨테이너 터미널 Gate에 VGM을 위해 측중기를 설치 적용하는 개념

# 제 3 장

## 연구 추진 내용

### 1. 연구 추진 전략 및 체계

#### 1.1 연구 추진 전략

- 성공적 과제 수행을 위한 연구 협력체계 구축
  - 본 과제 기술개발의 성공적 수행을 위해 현재 과적차량 단속관련 기술 특허를 보유하고 지난 2년간 국토교통부의 '과적차량 단속 활성화 및 강화방안 연구' 및 '과적차량 단속장비 성능인증체계 구축 연구'를 수행하고 있는 한국건설기술연구원의 연구팀과 현장 연구의 실효성 확보를 위한 국토부 논산 국토관리사무소 및 저·고속축중기의 개발과 구축 운영을 전문으로 하는 (주)티디씨 등 3개 기관의 노하우를 결합하여 연구 역량의 시너지 효과를 극대화함

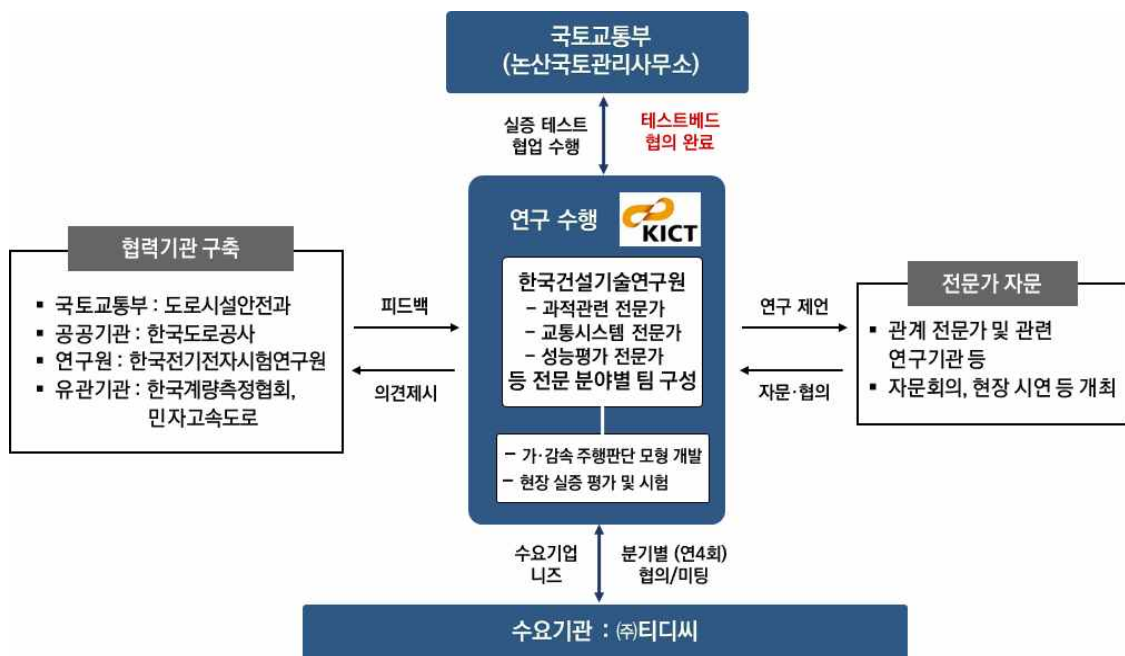


그림3.1 본 연구의 추진 및 협력 체계

- 특히, 과적단속업무 정책을 수립하고 지휘 총괄하는 국토교통부의 도로시설안전과와 협업체계를 구축하여 단속관련 정책, 감사 지적사항 협의 및 과제의 실질적인 성과 도출을 도모하고, 또한 분야별 전문가로 구성된 연구자문단(한국도로공사 등 도로관리청, 계량관련 유관기관, 학계 전문가 등)을 구성하여 연구수행의 실효성을 창출할 수 있는 협업체계를 구축하여 운영함
- 연구개발의 성과 검증과 안전하고 효율적인 기술개발의 실증연구를 위해 테스트베드의 중요성이 강조되고 있으며, 더불어 본 과제의 결과물을 기술사업화로 연결할 수 있는 직접적인 매개체 역할을 수행하므로 국토부 논산 국토관리사무소의 정안과적차량검문소를 테스트베드로 구축하여 운영



그림3.2 테스트베드 설치 위치 (논산 국토관리사무소 정안과적차량검문소)

○ 연구개발 방법론

- 본 과제 기술개발의 완성도를 확보하기 위해 ① 기초연구 수행 → ② 핵심기술 개발 및 실내 실험 → ③ 시제품 제작 → ④ 테스트베드 실증연구 → ⑤ 기술 실용화의 연역적 절차로 연구를 수행하고,
- 이후, 신청기업에 기술이전 및 신청기업의 양산품 품질(내구성 등) 테스트 자문 및 수요처(도로관리청) 판로 개척을 지원하도록 함

○ 개발 기술의 사업화 전략(비즈니스 모델) 수립

- 과제 개발 기술 수요기업의 과적차량 단속시스템 시장 진입을 위해 정부 정책과 시장의 여건을 고려하여 연도별 사업화 로드맵을 수립함

- 특히, 개발 기술은 본 연구팀이 수행한 ‘과적차량 단속 활성화 및 강화방안 연구’ 및 ‘과적차량 단속장비 성능인증체계 구축 연구’와 연속성을 갖고 있으므로 1) 기술의 매뉴얼화, 2) 단속장비의 운영지침 마련, 3) 차량의 운행제한 규정 개정안 마련 등으로 사업화 전략을 추진함

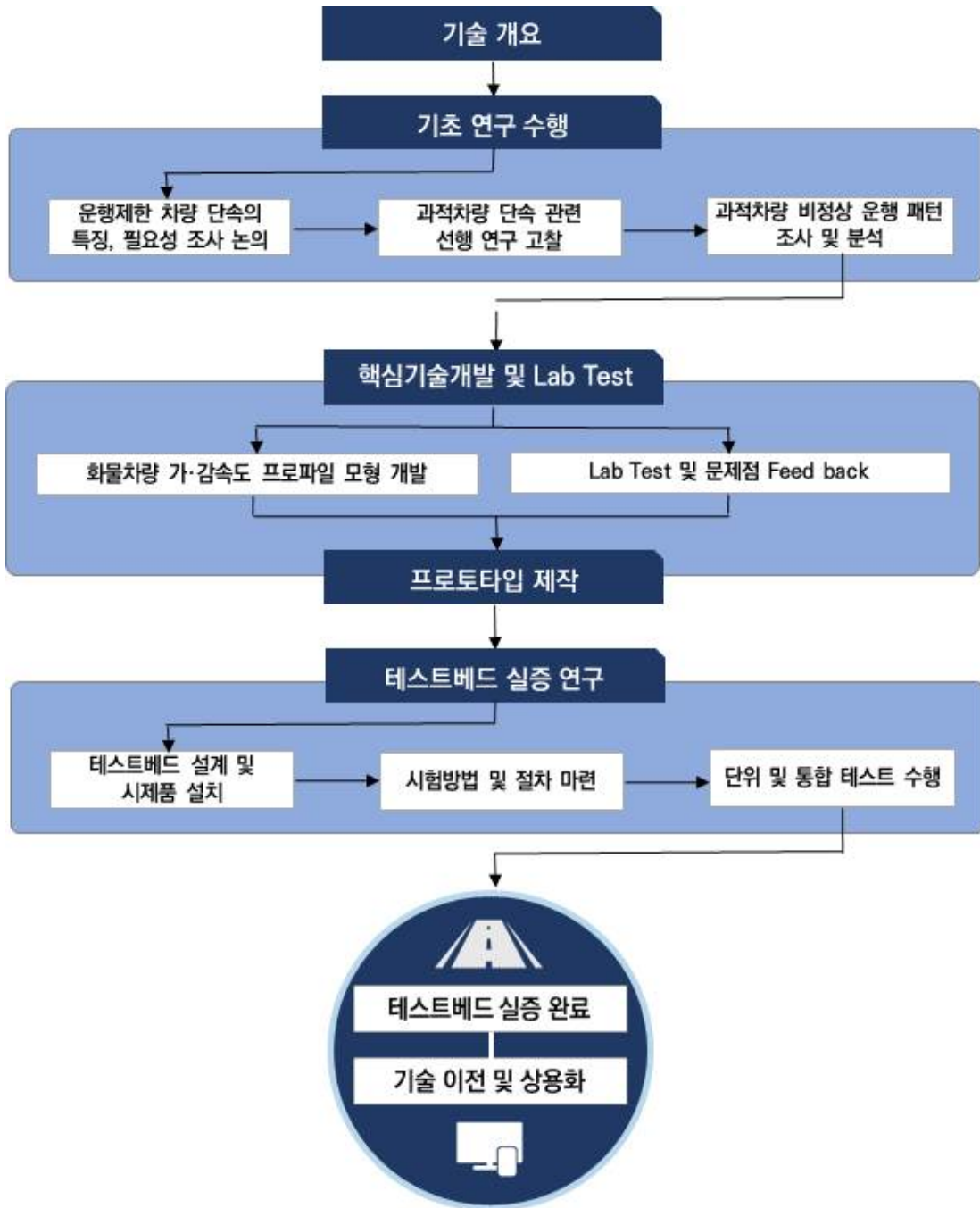


그림3.3 본 과제 연구개발의 절차 및 방법

## 1.2 연구 추진 체계

- 한국건설기술연구원(KICT)

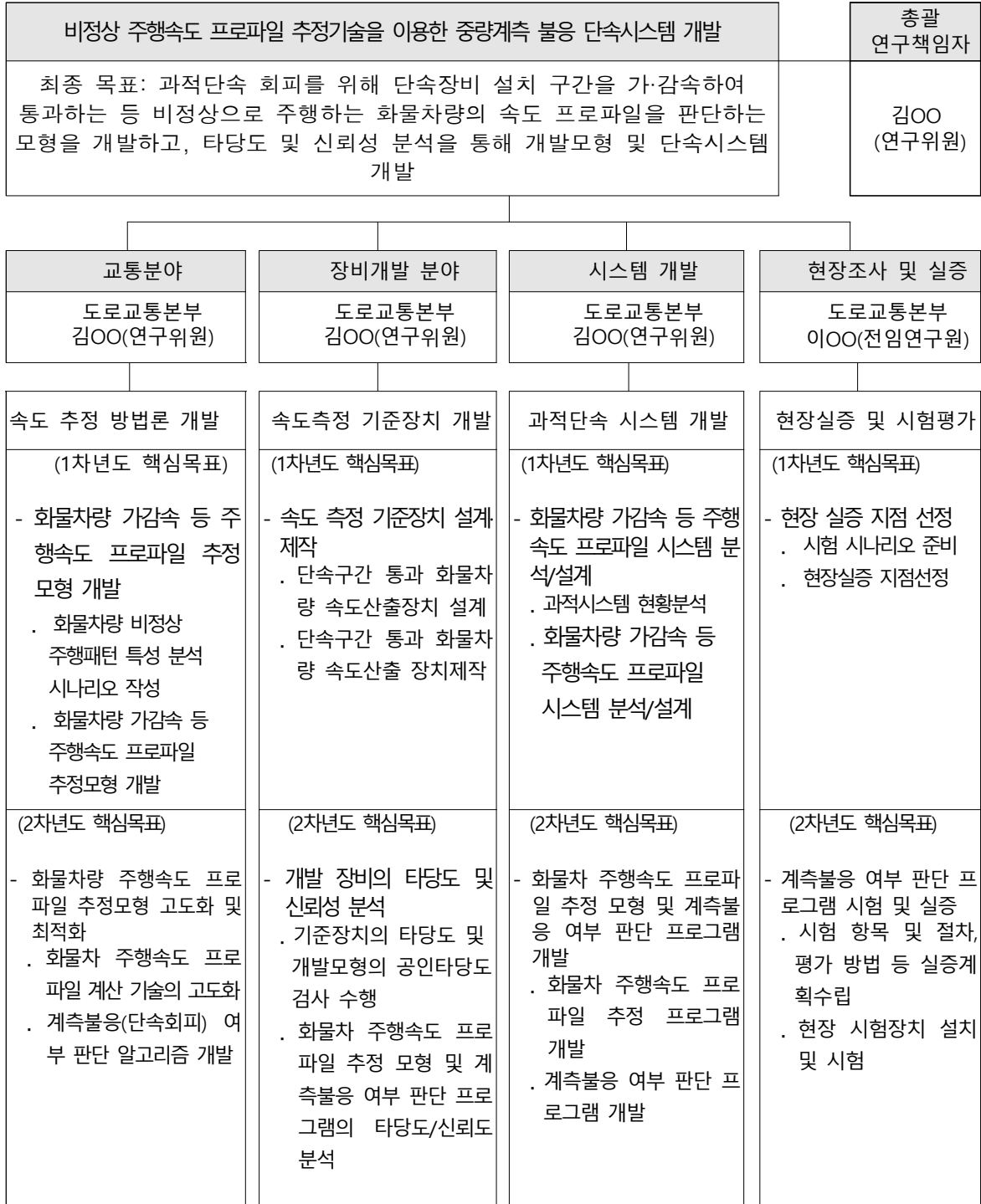


그림3.4 KICT 연구 추진 및 인력투입 방안

- 화물차량의 비정상 주행속도 프로파일 추정방법 기술이전 및 특허 출원
  - 기업 보유 요소기술 적용 분야 및 방안 도출, 추가 기술 개발
  - 관련 논문 작성 및 학술대회 발표
  - Test Bed 구축 현장 확보 및 시험장치 설치 운영
  - 국토교통부 본부 과적 단속업무 담당부서(도로시설안전과)에 보고 및 논산 국토관리사무소와 업무 협의 등 수행
  - 사업화 및 국내외 시장 확대 방안 마련 등
- 수요기업(주식회사 티디씨), 시작품 제작업체
    - 화물차량의 비정상 주행속도 프로파일 추정방법 기술 적용 제품 패키지 개발
    - 수집 데이터 전처리 프로그램 개발
    - 저속측중기 시스템 제어기와 통합한 속도 프로파일 모듈 개발
    - 기존 저속측중기 속도 산출 프로그램 수정 및 연동 프로그램 개발
    - 재검측을 위한 계측불응 판단여부 프로그램 코딩
- 도로관리청 담당부서(논산 정안 과적차량 단속검문소)
    - 개발 모형의 테스트 및 평가를 위한 업무 협조
- 도로관리청 담당부서(한국도로공사 정안IC 지사)
    - 개발 모형의 테스트 및 평가를 위한 업무 협조

## 2. 비정상 주행차량 속도 프로파일 추정 모형 개발

### 2.1 차량 속도 프로파일 기존 연구 검토

- 회귀모델 방식의 가·감속 및 주행속도 프로파일 모형
  - 회귀모델 방식은 고속도로, 일반국도, 신호 교차로 등 특정한 도로 구간에서의 교통류데이터를 바탕으로 차량의 가·감속 동작을 기반으로 개발한 것으로, 차량의 가속 또는 감속 프로파일을 얻기 위해 수집하는 차량의 가·감속 특성이 데이터를 수집하는 대상 범위(장소)마다 다름. 따라서, A라는 장소에 적합한 가·감속 모델이 B 장소 또는 C 장소에는 적합하지 않는 등의 문제점 발생
  - 그림3.5와 같이 균일 가속 모델(Constant acceleration model), 선형 감쇠 가속 모델(Linear decay acceleration model), 다항식 가속도 모델(Polynomial acceleration model, 2중 영역(Multi Regime) 가속 모델 등이 있음

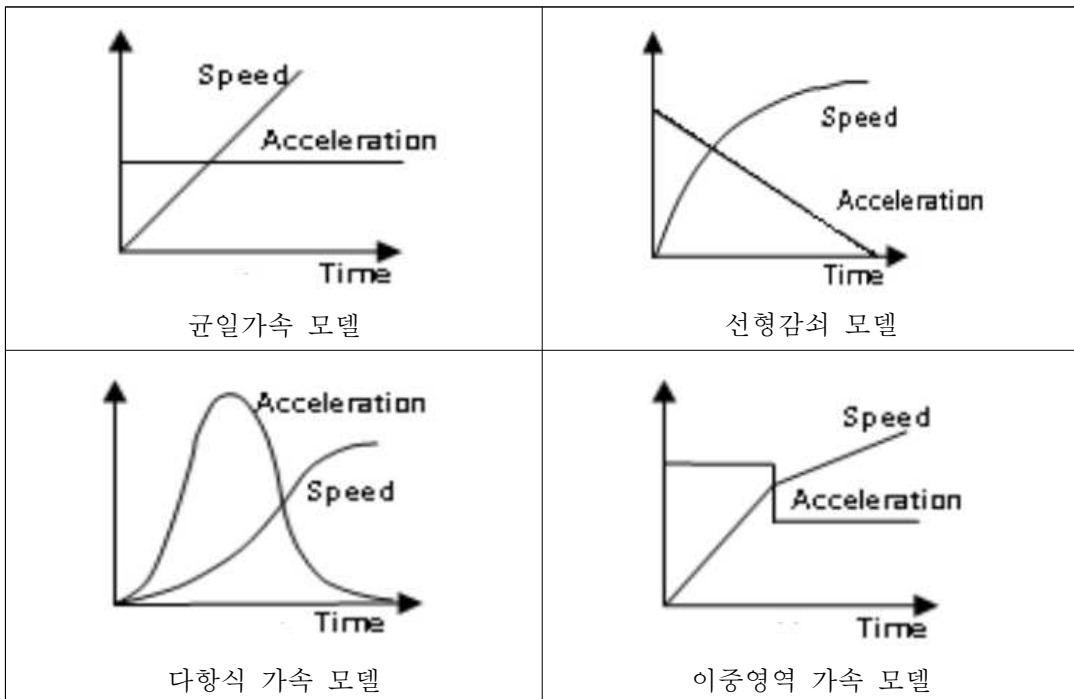


그림3.5 회귀모델 방식의 가·감속 및 주행속도 프로파일 모형

- 차량 운동학적(Kinematic) 방식의 가·감속 및 주행속도 프로파일 모형
  - 이 모형은 차량 가속시간, 등속시간, 감속시간을 구간별로 정의된 다항식에 적용하여 다항식 속도 프로파일을 생성하는 운동학적 모델로서 가·감속 자료를 수집해야 하

는 특정 구간이나 범위를 통과하는 차량의 가·감속 특성에 의존하는 회귀모델이 아니므로 앞에서 설명한 문제점을 해결할 수 있음

- 그러나, 의도적 혹은 연속적으로 가·감속을 수행하는 과적 차량과 같은 실제 상황에서 발생하는 차량의 동적인 속도 프로파일을 나타내는 데에는 한계가 있음

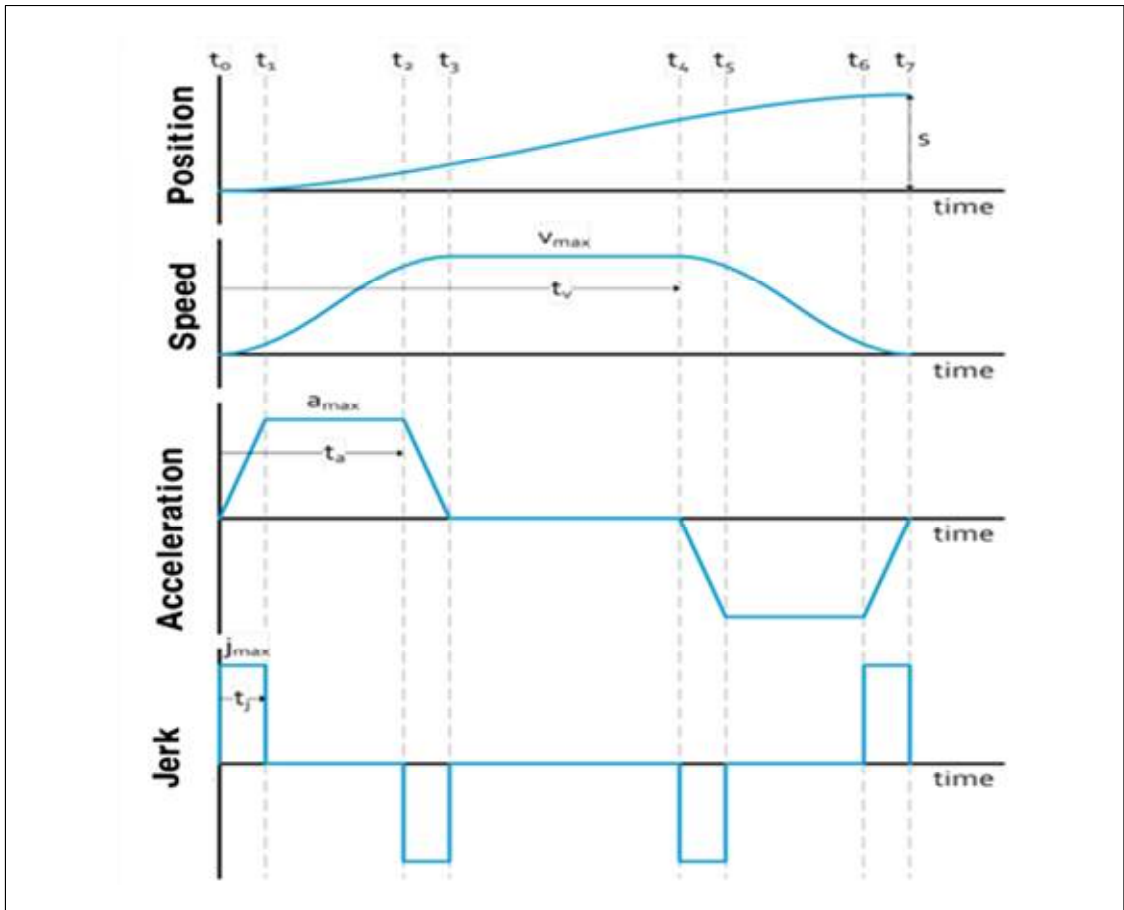


그림3.6 차량의 운동학적(Kinematic) 가·감속 및 주행속도 프로파일 모형 개념

## 2.2 화물차량 가감속 등 화물차량 비정상 주행패턴 특성 분석

가. 화물차량 주행 패턴 분석을 위한 자료수집

- 화물차량 주행 패턴 분석을 위한 자료수집을 위해 정안 과적차량 단속검문소에 속도 측정기인 레이더를 그림3.7과 같이 설치하여 단속구간을 진입 및 통과하는 화물차량의 주행속도 원시 자료를 수집하고, 차량대수분리기(적외선 포토센서)를 이용하여 단속구간의 진입 및 진출 속도에 대한 원시 자료를 수집함(레이더 속도 측정 기준장

치에 대한 세부 설명은 3장에서 언급하도록 함)

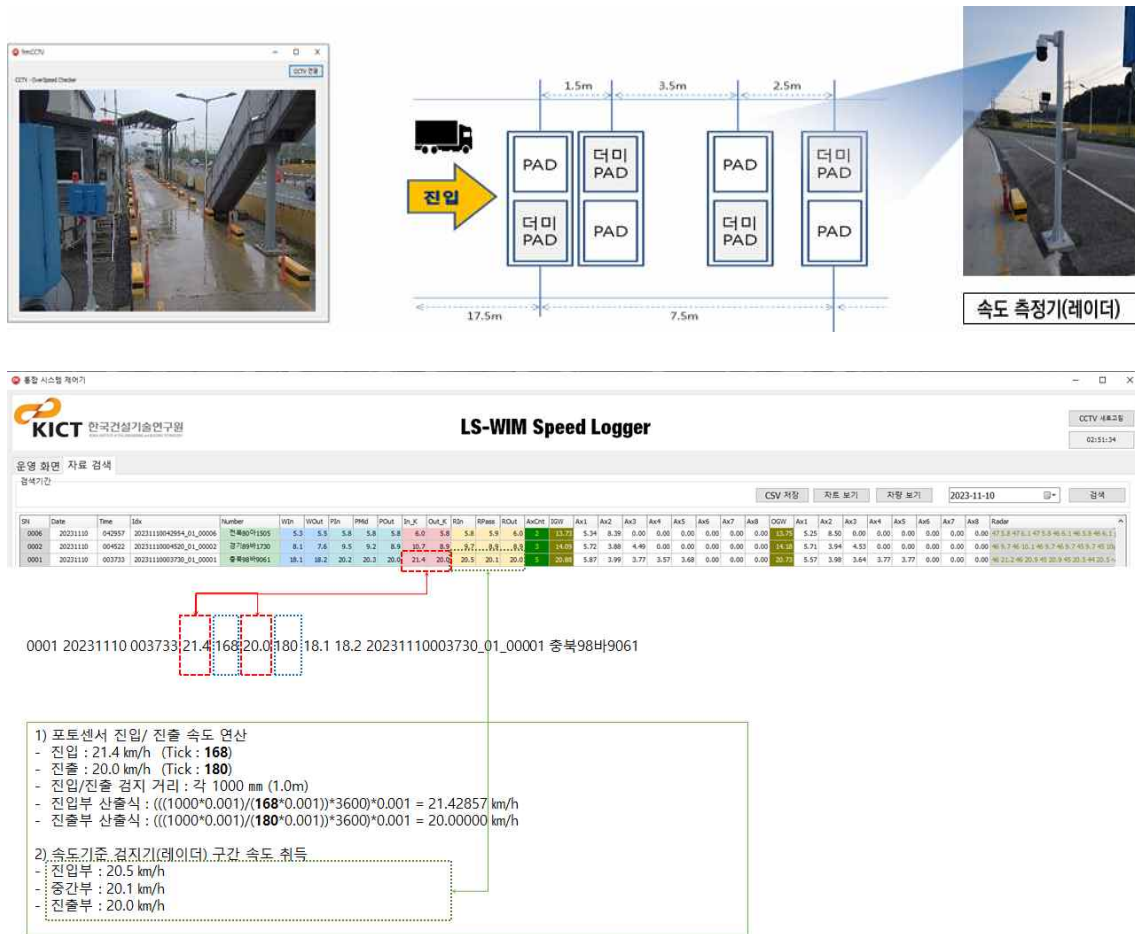


그림3.7 단속구간 진입 화물차량의 속도 원시자료 수집 HW/SW 개념도

## 나. 수집 속도 데이터 전처리 및 변환

○ 화물차량 주행 패턴 분석을 위한 수집 데이터 전처리 방안

- 속도 검지기(레이더) 세부구간 속도 처리 방안

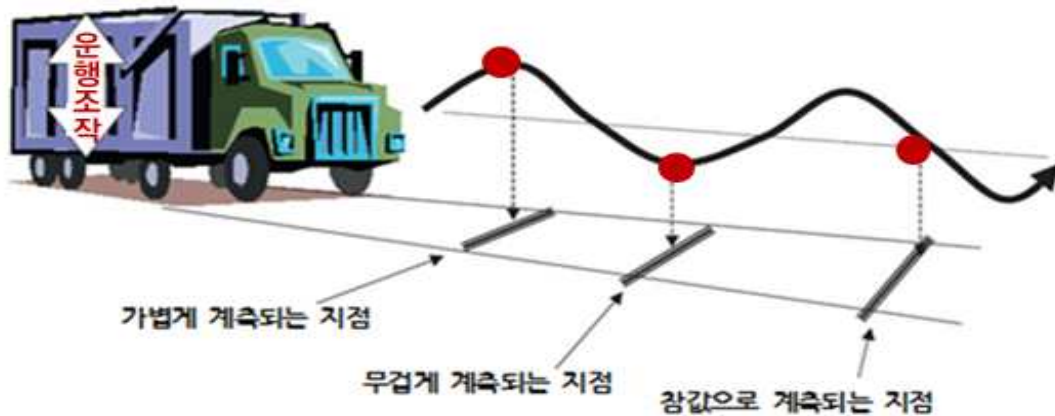
- 레이더 속도 데이터 전송시간 : 70 msec
- 차량 길이 및 주행속도에 따라 속도 기준 검지기의 생성 데이터 발생 차이 고려
- 시간별 속도 데이터 환산(0.3초 기준 4개 데이터)을 위한 이동평균 데이터 처리

- 데이터 변환 프로그램을 개발 활용하여 데이터 처리 및 속도 산출



#### 다. 화물차량 비정상 주행패턴 특성 분석

- 도로 본선구간 또는 무인 검문소를 통과하는 화물차량의 비정상 주행패턴
  - 그림3.10과 같이 운전자의 인위적인 주행조작으로 인해서 나타나는 형태이며, 이 같은 비정상 주행패턴은 등속 주행과 비교할 때 무게 센서의 전방에서 속도 변화를 일으켜 차량의 관성 에너지가 차량의 무게 중심을 순간적으로 이동시키므로 각 축의 무게 분배율을 왜곡시켜 단속을 회피함



시나리오	운전자의 인위적 조작 행태	행위 결과
1	등속 운행	정상
2	조향축이 무게 센서 앞에서 가속	축하중 텐덤축에 편중
3	조향축이 무게 센서 앞에서 감속	축하중 조향축에 편중
4	텐덤축이 무게 센서 앞에서 가속	텐덤축 무게의 증가
5	텐덤축이 무게 센서 앞에서 감속	텐덤축 무게의 감소
6	조향축이 무게 센서 앞에서 가속 텐덤축이 무게 센서 앞에서 감속	조향축 및 텐덤축 무게 감소

그림3.10 도로 본선구간 또는 무인 검문소를 통과하는 화물차량의 주행패턴

- 과적검문소 단속구간을 통과 주행하는 화물차량의 속도 특성
  - 일반적으로 대부분의 화물차량은 5km/h ~ 13km/h의 주행속도로 이동
  - 20km/h 이상 고속주행 차량도 구간별 10% 수준으로 나타났으며, 공차중량의 차량 임을 감안하더라도 제한단속의 방법이 필요

- 검측 구간 내에서의 주행속도 변경 패턴이 심한 차량은 발견할 수 없는데, 이는 유인검문소 특성상 단속원의 조작감시 때문으로 판단. 향후 무인단속 시의 주행속도 Data 수집 및 유인검문소 패턴과 비교 필요
- 지역 검문소 특성상 단일차량과 달리 운행 조적이 심한 트랙터-트레일러 조합 차량이 없어 지속적인 속도 자료수집 필요

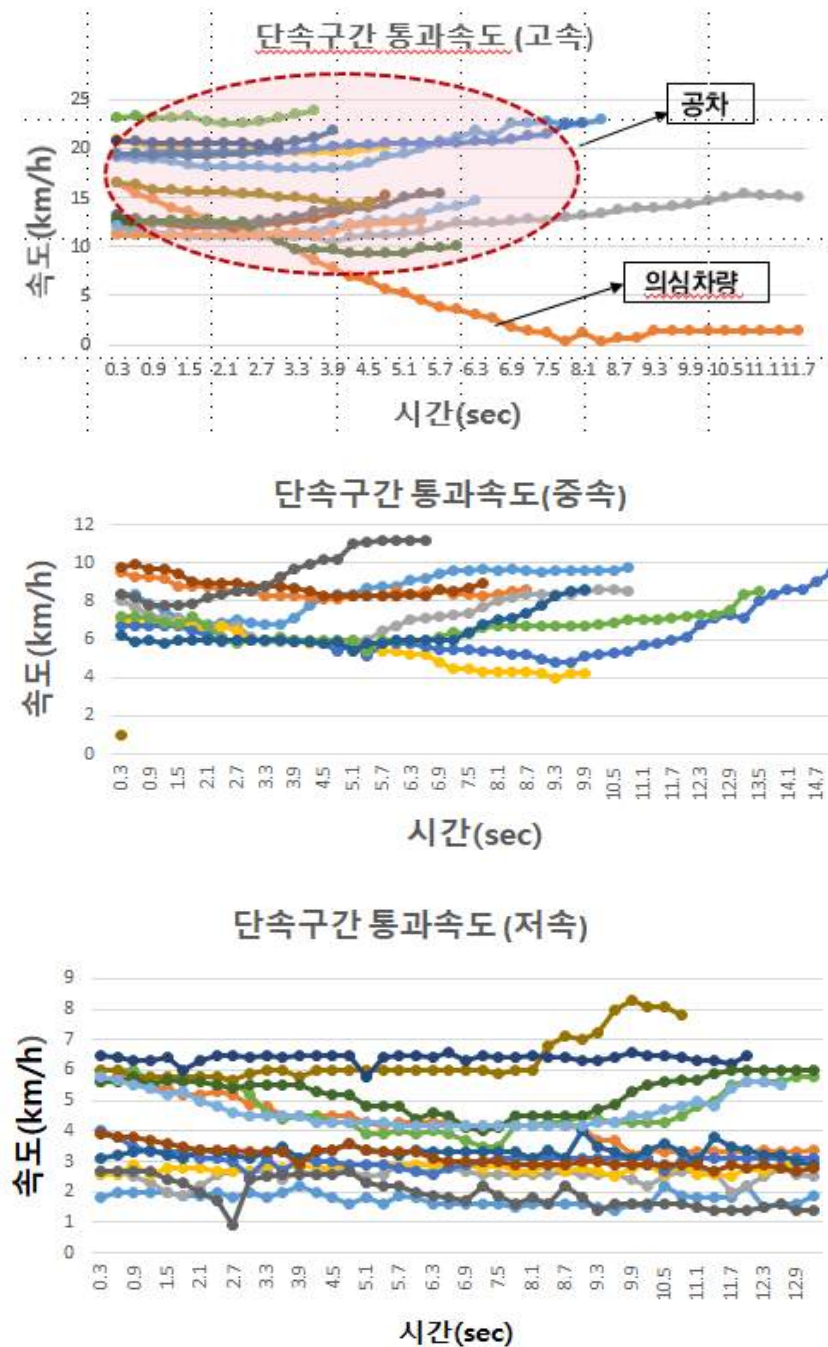


그림3.11 과적검문소 단속구간을 통과 주행하는 화물차량의 속도 특성

## 2.3 비정상 주행차량 속도 프로파일 추정 모형 개발

### 가. 추정 모형 개발 프로세스

- 과적 단속구간을 통과하는 화물차량의 속도 프로파일은 그림3.12와 같은 4단계를 통해 추정되고 모형화됨

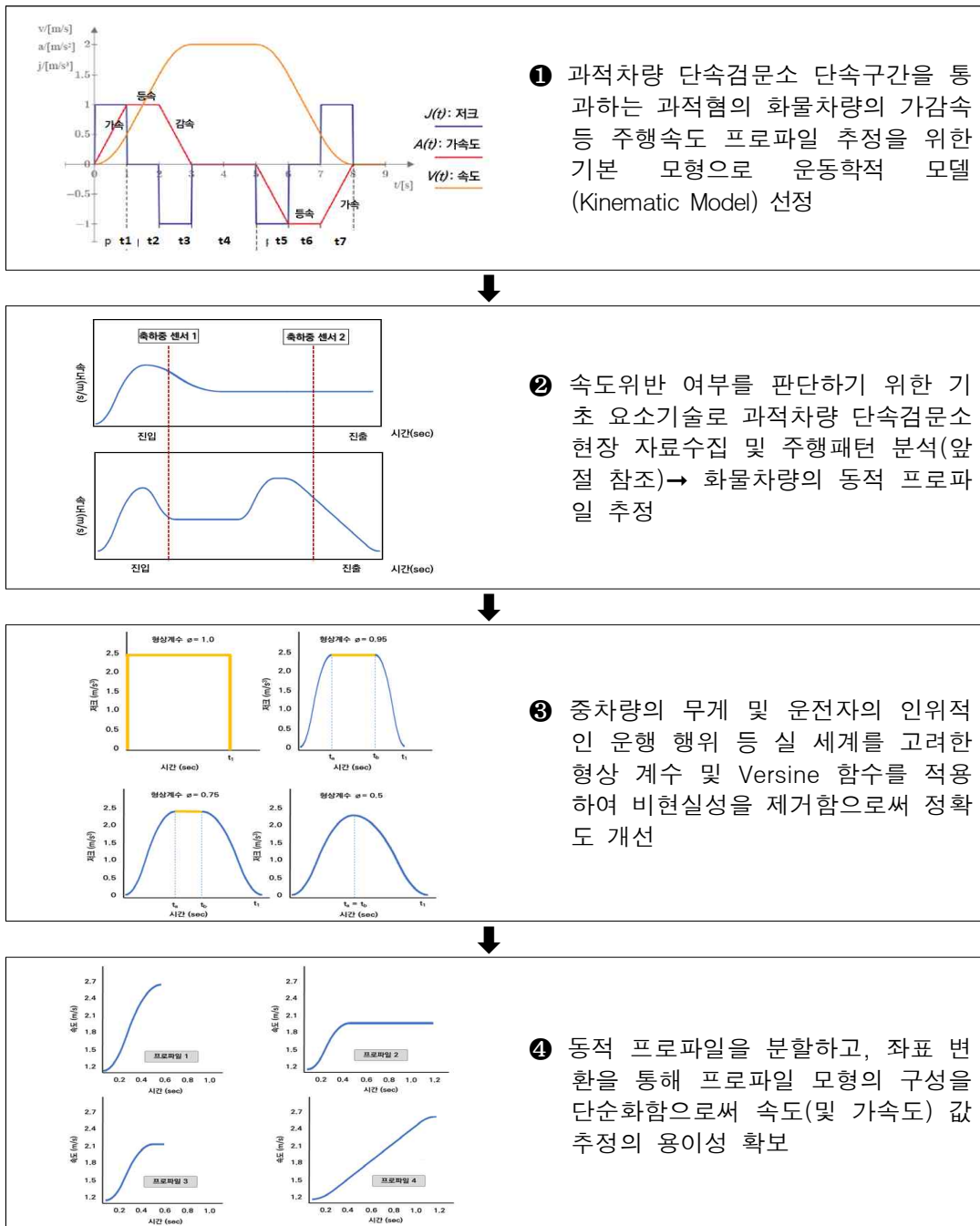


그림3.12 화물차량의 속도 프로파일 추정모형 개발 프로세스

나. 기본 모형 : 운동학적 모델(Kinematic Model)

- 그림3.13은 기본적인 차량의 운동학적 모형을 나타내며, 이 모형 함수에서  $t$ 는 실제 독립변수(설명변수)이며, 최대 저크  $J$ , 최대 가속도  $A$ , 정격 속도  $V$ 는 차량의 기술 사양 또는 현장 환경 특성에 따라 미리 결정되는 고정값이고 (식 1)을 통해 거리, 속도, 가속도, 저크 값을 구함

$$s(t) = f(t, J, A, V) \quad (\text{식 1})$$

$$v(t) = \frac{ds(t)}{dt} = \frac{df(t, J, A, V)}{dt} = f'(t, J, A, V)$$

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d^2f(t, J, A, V)}{dt^2} = f''(t, J, A, V)$$

$$j(t) = \frac{da(t)}{dt} = \frac{d^3f(t, J, A, V)}{dt^3} = f'''(t, J, A, V)$$

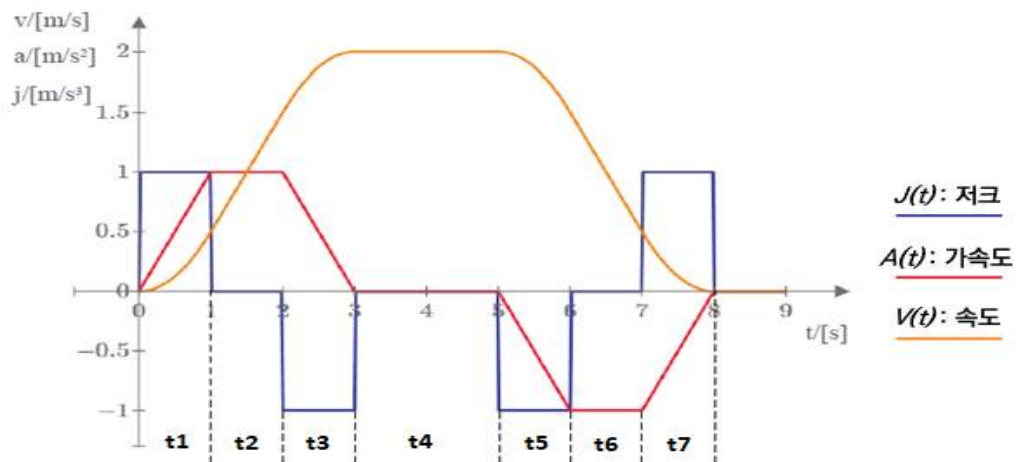


그림3.13 차량의 운동학적 모델 기본 모형

- 그림3.13에서 독립변수인  $t$ 는 다음과 같이 정의함
  - $0 \leq t \leq t_1$  :  $t = 0$ 초에서 시작하고  $t_1$ 에서 최대 가속도  $A$ 에 도달할 때까지의 구간
  - $t_1 \leq t \leq t_2$  : 최대 가속도  $A$ 가  $t_1$ 에서 도달하여  $t_2$ 까지 지속되는 구간
  - $t_2 \leq t \leq t_3$  :  $t_3$ 에서 정격속도  $V$ 에 도달하고,  $t_2$ 에서부터 가속도는 0으로 감소하는 구간
  - $t_3 \leq t \leq t_4$  : 정격 속도  $V$ 로 주행하는 구간

- $t_4 \leq t \leq t_5$  :  $t_4$ 에서 가속이 증가하여  $t_5$ 에서 최대 가속  $-A$ 에 도달하는 구간
- $t_5 \leq t \leq t_6$  :  $t_5$ 에서 도달한 최대 가속  $-A$ 가  $t_6$ 까지 지속되는 구간
- $t_6 \leq t \leq t_7$  : 운행이 끝나도록 속도를 줄이고 정지하는 구간

#### 다. 화물차량 주행패턴 분석 결과

- 과적이 의심되는 화물차량은 단속장비들이 설치된 단속구간 2~3미터 이전에 정지하였다가 운전자가 엑셀레이터를 밟아 차량을 가속한 후 단속구간의 시작점인 차량대수 분리기를 통과하고, 순차적으로 축하중 측정 센서들을 통과함
- 일반적으로 차량에서는 그림3.13에서 표현한 프로파일과 같이 정지 후 운전자가 엑셀레이터를 밟아 차량을 가속한 후 등속으로 운행하고, 이후 감속한 후 정지하는 것이 이상적인 운동학적 행태라고 할 수 있으나, 그림3.13의 프로파일과는 달리 실제 과적검문소 단속구간에서는 단속 회피를 위해 그림3.14의 CASE 1과 같이 단속구간 진입 이전에 엑셀레이터를 살짝 가속한 후 단속구간 통과 시까지 저속으로 운행하거나, 그림3.14의 하단의 CASE 2의 프로파일 모습처럼 차량 무게를 측정하는 축하중 센서 앞에서 하중 분배를 위해 정지 또는 저속 후 가속하는 특성을 나타냄

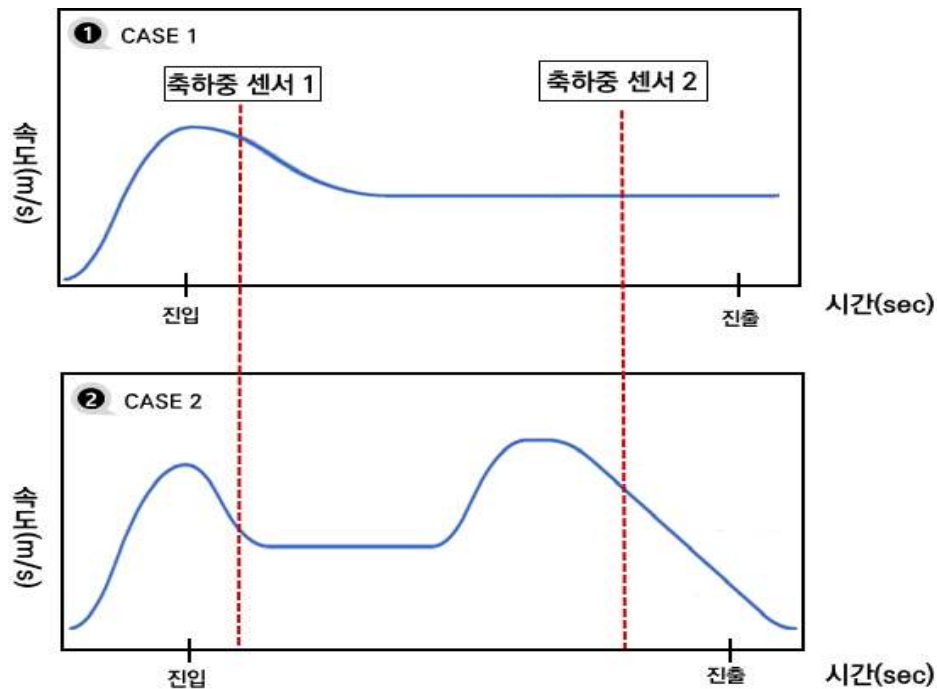


그림3.14 과적의심 차량의 단속구간 통과 시의 주행패턴

- 그림3.14의 내용은 과적의심 차량을 유도하여 단속하는 일반국도 과적차량 단속검문소에서 실제 계측한 자료(2.2절의 자료 결과)를 바탕으로 기재한 것으로 과적차량

단속구간에서 화물차량의 비정상 가감속 프로파일을 추정하는 방법에 적용함

#### 라. 실세계 반영을 위한 형상계수 및 Versine 함수 적용

- 그림3.14와 같은 운행 행태의 화물차량의 동적 속도 프로파일 모형을 구현하기 위해 그림3.13과 같은 기본 운동학적 모형을 기반으로 하되, 이러한 이상적인 운동학적 모델은 실세계를 구현하는데 한계가 있으므로 본 발명에서는 차량의 실제 동작을 반영한 형상계수를 포함한 함수 모델을 사용하고, 이를 곡선을 표현할 수 있는 동적 프로파일 모형을 구축하기 위해 버사인 함수(Versine Functions)를 사용함
- 따라서, (식 1)에 형상계수를 적용함에 따라 (식 1)은 다음의 (식 2)와 같이 표현함

$$\begin{aligned}
 s(t) &= f(t, J, A, V, \phi) && \text{(식 2)} \\
 v(t) &= \frac{ds(t)}{dt} = \frac{df(t, J, A, V, \phi)}{dt} = f'(t, J, A, V, \phi) \\
 a(t) &= \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d^2f(t, J, A, V, \phi)}{dt^2} = f''(t, J, A, V, \phi) \\
 j(t) &= \frac{da(t)}{dt} = \frac{d^3f(t, J, A, V, \phi)}{dt^3} = f'''(t, J, A, V, \phi)
 \end{aligned}$$

- 형상계수 정의
  - 그림3.13에 도시된 이상적인 운동학적 모델에서는 연속되는 과정의 전환점에서 불연속성을 보여주고 있어 비현실적임
  - 이와 같은 불연속성으로 인하여 무거운 중량의 과적함의 차량의 가속도와 속도값을 산출함에 있어 이상적인 운동학적 모델을 그대로 이용하게 되면 부정확한 결과를 발생함(예:  $0 \leq t \leq t_1$ 의 시간 구간에서 가속도는 직선으로 증가하다가 시간  $t_1$ 에서부터 갑자기 등가속도  $a(t_1) = j \cdot t_1 = A$ 로 변경되는데 이는 무거운 중량을 가지는 과적함의 차량의 변화하는 운동량을 나타내기에는 상당히 부적합함)
  - 따라서, 형상계수  $\phi$ 를 적용하여 저크 함수와 가속도 함수를 완만한 곡선 형태의 함수로 변환하고 곡선 표현을 위해 버사인 함수(Versine Functions)를 적용하여 모델을 완성함
  - 그림3.15의 (a)~(d)는 각각 형상계수  $\phi$  값의 변화에 따른 저크 함수  $j(t)$ 의 형

태 변화를 보여주는 그래프를 도시한 것임

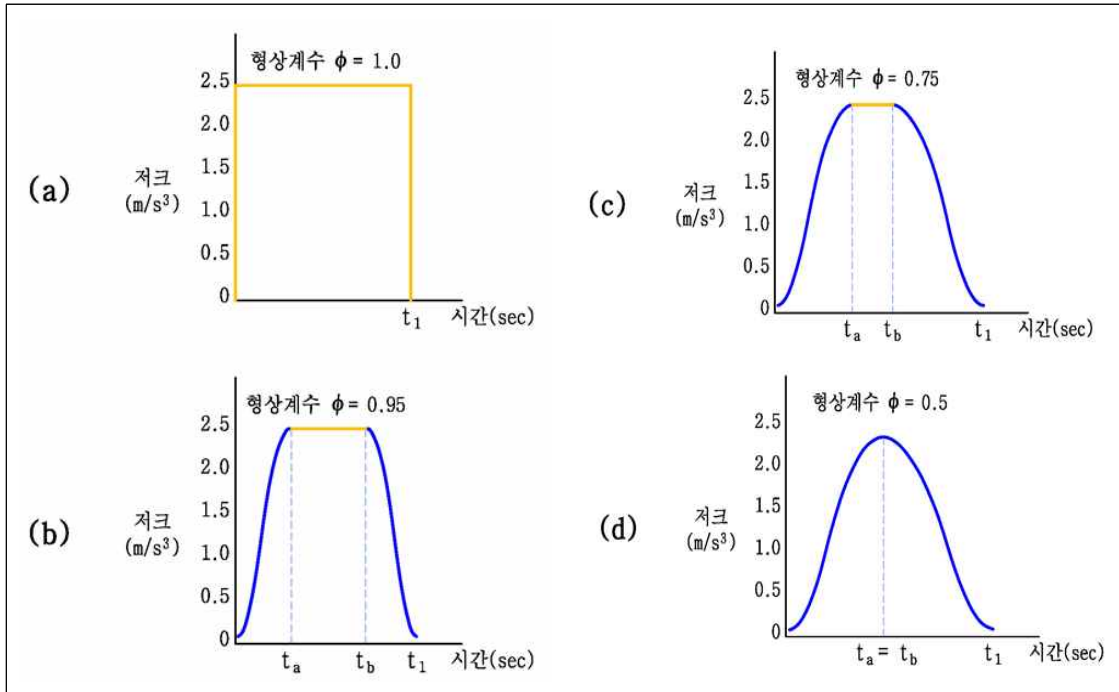


그림3.15 형상계수에 따른 저크 함수  $j(t)$ 의 형태 변화

- $J$ (최대 저크 값),  $A$ (최대 가속도 값),  $V$ (정격속도 값) 정의
  - 최대 가속도  $A$ 와 최대 저크 값  $J$ 는 화물차량이 단속구간을 진입하여 복수개의 중량센서를 통과할 때 획득하는 시각 및 순간속도를 이용하여 구할 수 있으며, 이는 가감속도 모형에 대한 Akcelik, R. and D. C. Biggs[5][6]의 연구 결과에 근거하여 산출한 것이고, 정격 속도  $V$ 는 단속구간 통과 제한속도 규정에 따라 10km/h로 설정함
  - Akcelik, R. and D. C. Biggs의 최대 가속도 산출 방법은 (식 3)~(식 6)과 같음

$$\frac{V_a - V_i}{V_f - V_i} = \frac{2m^2 + 15m + 19}{3(m+3)(2m+3)} \quad (\text{식 3})$$

$$r = \frac{[(1+2m)^{2+\frac{1}{m}}]}{4m^2} \quad (\text{식 4})$$

$$A = \frac{V_f - V_i}{rt_A} \cdot \frac{[(2m+2)(m+2)]}{m^2} \quad (\text{식 5})$$

$$t_A = \frac{V_f - V_i}{a_{aa}} \quad (\text{식 6})$$

- 위의 식들에서  $V_a$ 는 두 지점 간(예 : 복수의 차량중량센서)의 평균속도,  $V_f$ 는 두 번째 센서를 통과할 때의 속도,  $V_i$ 는 첫 번째 센서를 통과할 때의 속도,  $t_A$ 는 가속 시간, 그리고  $a_{aa}$ 는 평균가속도이며 두 지점 간(2개 센서)을 통과하는 시간 간격

$$\Delta t \text{을 이용하여 산정함}(a_{aa} = \frac{V_f - V_i}{\Delta t})$$

- 최대 저크값은 보간법을 이용해  $J = (5A/t_A)$ 에 의해 산출

○ 형상계수 및 Versine 함수를 적용한 저크, 가속도 및 속도 산출

- 이상적인 기본 모델의 저크 함수  $j(t)$ 에 형상계수  $\phi$ 를 적용하게 되면, 그림 3.15에서 가속도가 0(zero)에서부터 최대값 즉, 최대 가속도 값  $A$ 에 도달할 때까지의 시간  $t_1$ 은 (식 7)과 같이 변환되며, 시간  $t_a$ 와 시간  $t_b$ 은 (식 8)에 의해 결정됨

$$t_1 = \frac{A}{\phi J} \quad (\text{식 7})$$

$$t_a = (1 - \phi) \cdot t_1 = \frac{A}{\phi J} - \frac{A}{J}, \quad (\text{식 8})$$

$$t_b = \phi \cdot t_1 = \frac{A}{J}$$

- (식 7)과 (식 8)에 Versine 함수를 적용하여 저크 함수  $j(t)$ 는 시간 구간에 따라 (식 9)~와 같이 산출함

$$j(t) = \frac{J}{2} - \frac{J}{2} \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot t}{t_a}\right), \quad 0 \leq t \leq t_a \quad (\text{식 9})$$

$$j(t) = J, \quad t_a \leq t \leq t_b$$

$$j(t) = \frac{J}{2} - \frac{J}{2} \cdot \cos\left[\frac{\pi \cdot (t-t_b)}{(t_a-t_b)} + \pi\right], \quad t_b \leq t \leq t_1$$

- (식 9)를 적분에 따라 가속도  $a(t)$ 를  $0 \leq t \leq t_a$ ,  $t_a \leq t \leq t_b$ ,  $t_b \leq t \leq t_1$  각각의 시간 구간별로 (식 10)과 같이 산출하고, 속도  $v(t)$ 는  $0 \leq t \leq t_1$ 의 구간에서 가속도  $a(t)$ 의 (식 10)을 3단계로 연속 적분을 수행하여 (식 11)과 같이 산출함

$$a(t) = \int_0^{t_a} j(t) = \frac{J}{2} \cdot t - \frac{\left(\frac{1}{\phi}-1\right) \cdot A}{2\pi} \cdot \sin\left[\frac{\pi J \cdot t}{\left(\frac{1}{\phi}-1\right) \cdot A}\right], \quad 0 \leq t \leq t_a \quad (\text{식 10})$$

$$a(t) = \int_{t_a}^{t_b} j(t) = J \cdot t - \frac{A}{2\phi} + \frac{A}{2}, \quad t_a \leq t \leq t_b$$

$$a(t) = \int_{t_b}^{t_1} j(t) = \frac{J}{2} \cdot t - \frac{\left(\frac{1}{\phi}-1\right) \cdot A}{2\pi} \cdot \sin\left[\frac{\pi J \cdot \left(t - \frac{A}{J}\right)}{\left(\frac{1}{\phi}-1\right) \cdot A} + \pi\right] + A - \frac{A}{2\phi}, \quad t_b \leq t \leq t_1$$

$$v(t) = \int_{t_0}^{t_1} a(t) = \frac{J}{4} \cdot t^2 + \frac{\left[\left(\frac{1}{\phi}-1\right) \cdot A\right]^2}{2\pi^2 J} \cdot \cos\left[\frac{\pi J \left(t - \frac{A}{J}\right)}{\left(\frac{1}{\phi}-1\right)} + \pi\right] + \left(A - \frac{A}{2\phi}\right) \cdot t + C_1$$

$$\text{여기서, } C_1 = -\frac{A^2}{2\phi J} + \frac{A^2}{4\phi^2 J} - \frac{A^2}{2\pi^2 \phi^2 J} + \frac{A^2}{\pi^2 \phi J} - \frac{A^2}{2\pi^2 J}$$

(식 11)

#### 마. 속도 산출 간편을 위한 모형 단순화

- (식 11)과 같이 복잡한 수학적식을  $t_0$ 에서  $t_7$ (그림3.13 참조)까지 차량이 운행하는 전 구간에서 걸쳐 수학적식을 도출하고 계산한다는 것은 비합리적이고 불편함
- 따라서 본 연구에서는 그림3.16과 같이 화물차량의 주행패턴 그래프를 분할하여 속도  $v(t)$ 를 산출하는 과정을 단순화하는 방안을 제시

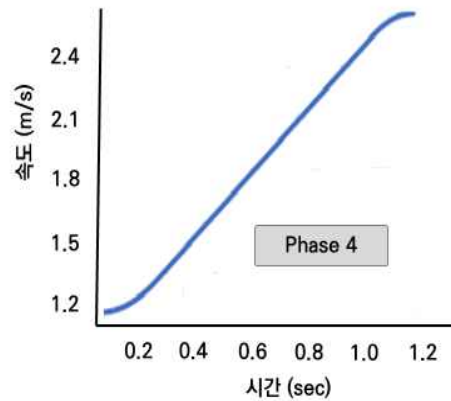
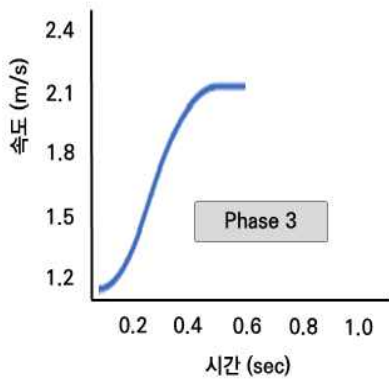
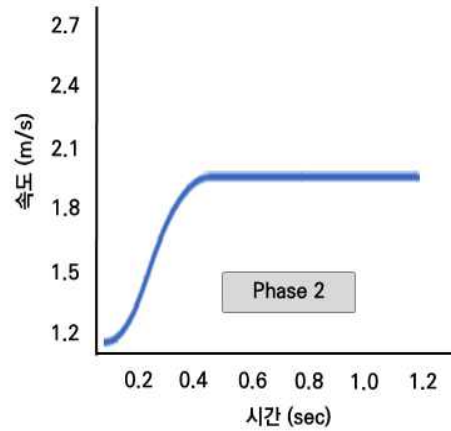
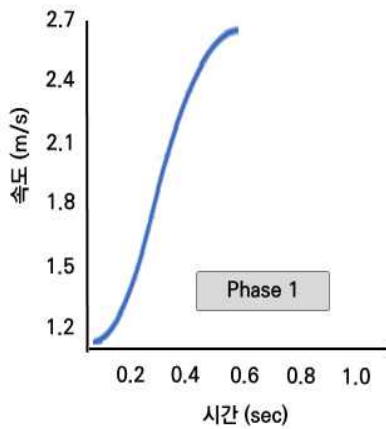
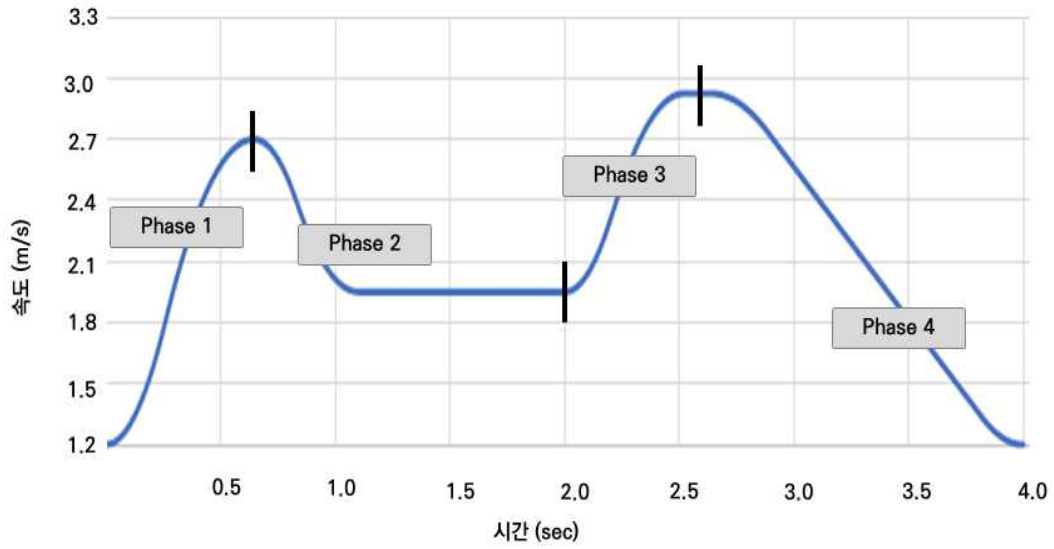


그림3.16 화물차량 주행패턴 그래프 분할 및 좌표 변환

- 각 Phase는 차량이 최종 속도로 유지되는 시간을 포함하여 일정 속도에서 다른 속도로 변경되는 시간 구간으로 정의하여 4단계로 구분함
- 그림3.16 상단에서 4개로 구분한 각 Phase들은 그림3.16 하단과 같이 4개로 분할하여 각자의 그래프에 표시함

- 감속구간인 Phase 2와 4의 도형은 x축을 중심으로 대칭 이동하여 그래프에 표현함으로써, 4개의 구간 모두를 가속모델 한 개를 사용하여 속도 프로파일을 구할 수 있는 편리한 프로세스를 확보함
- 그림3.14에서의 CASE 1과 같이 최대 가속도 A에 도달하지 못하는 형태의 동적 주행 프로파일은 phase 1과 phase 2의 두 개로만 분할하여 [식 12]를 통해 속도  $v(t)$ 를 계산함(도출 과정은 일련의 미적분을 통해 구하는 것으로써 그에 대한 상세한 설명 생략)

$$v(t) = \frac{A^2}{J} \cdot \sin\left(\frac{J}{A}t - \frac{1}{\phi}\right) + \frac{A^2}{2\phi J} \quad (\text{식 12})$$

○ 개발 모형의 추정값과 과적검문소 수집자료의 속도값 비교

- 표3.1은 앞 절(2.2절)에서 설명한 현장 수집 샘플(28번 차량)의 실제 속도(m/s) 값과 비교를 위해 산출한 개발 모형의 추정값으로 형상계수(0.95, 05), 가속도(0.5~1.2) 및 저크(1.0~1.5) 범위에 따라 약 80~90% 수준의 정확도를 나타냄

표3.1 수집 Sample 자료 비교를 위한 속도 추정값 예시

단속구간 중앙(3.5m) 지점 속도(m/s)		저크 J(m/s <sup>3</sup> ), 형상계수 = 0.95					저크 J(m/s <sup>3</sup> ), 형상계수 = 0.5				
		1.0	1.1	1.2	1.35	1.5	1.0	1.1	1.2	1.35	1.5
가속도 (m/s <sup>2</sup> )	0.5	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
	0.8	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4
	1.0	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5
	1.2	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6

### 3. 속도 측정 기준장치 설계 및 제작

#### 3.1 화물차량 주행 속도 분석 구간 검토

- 주행패턴 분석을 위한 저속축중기 통과구간(7.5M) 전후의 연속적 차량속도 데이터 생성을 위한 속도 검측센서 필요
- 저속축중기 데이터(속도) 비교를 위한 검측구간내의 화물차량 진입 및 진출 속도 데이터 산출 및 수집 기능
- 현장 모니터링을 위한 참고 영상 CCTV 이미지의 제어기 표출

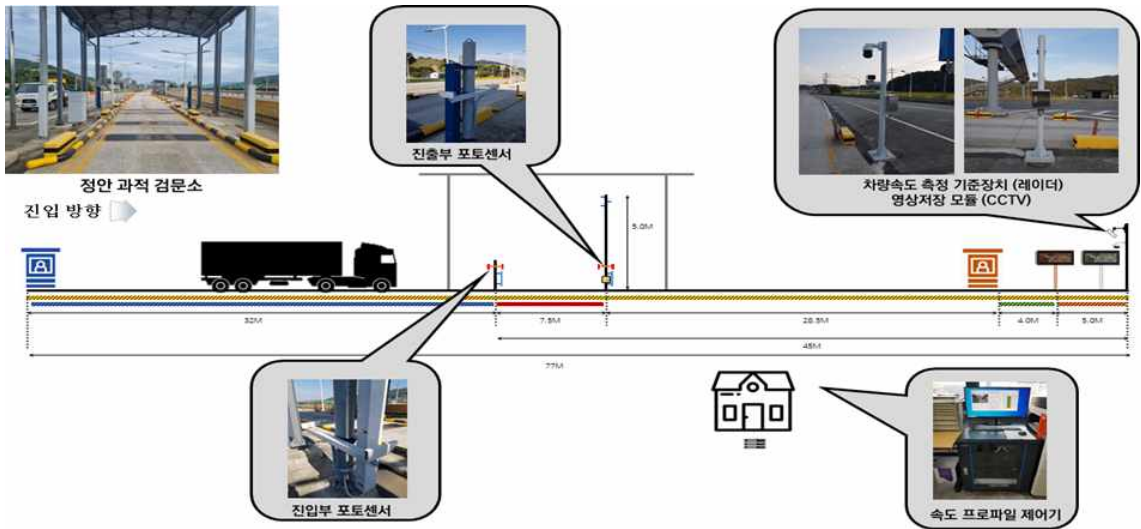


그림3.17 화물차량 주행 속도 분석 구간

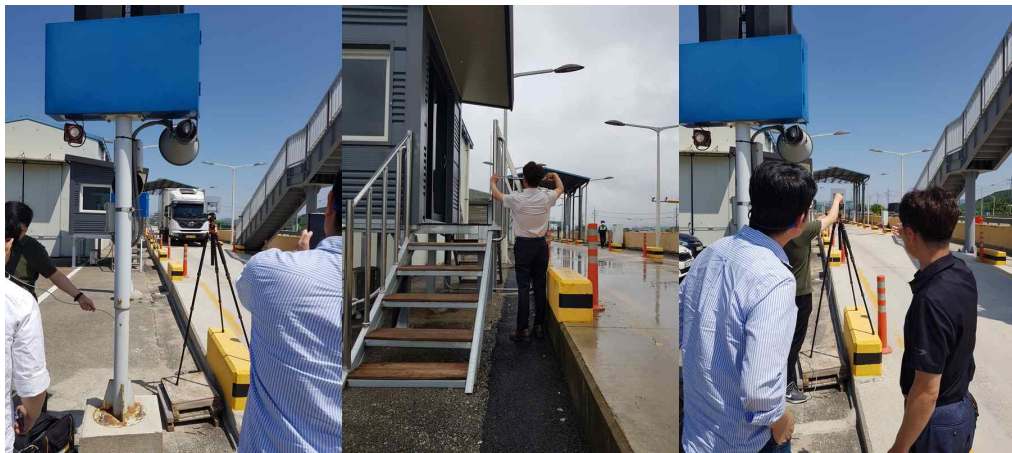


그림3.18 현장 실사 (화물차량 주행 속도 분석 구간)

## 3.2 속도 측정 기준장치 제작

### 가. 단속구간 진입 및 진출 속도 수집장치 제작

- 진입 및 진출 속도 수집장치(포토센서) 데이터 세부 수집 방안

- 포토센서 속도 수집 트리거 응답 시간 : 최대 1msec
- 속도산출의 위한 포토센서 간 최소 거리 : 1M
- 검출거리 및 물체 : 15M 이상, 15mm 이하 불투명
- 제어출력 : NPN 또는 PNP 오픈 컬렉터 동시출력
- 진/출입 차량속도 측정을 위한 2조, 2set으로 구성

○ 과적 단속구간 전면과 후면에 설치된 차량검지기 폴(Pole)에 850nm 주파수대의 적외선 빔(850nm)을 1M 간격으로 2조를 거치하여 단속차량의 진입 및 진출 속도를 수집하여 통합제어기로 전송



그림3.19 진입 및 진출 속도 수집장치 (포토센서)

## 나. 속도측정 기준장치 제작

- 속도측정 기준장치(레이더) 데이터 세부 수집 방안
  - 속도측정 기준장치(레이더) 속도 검지구간 : 40M 이상
  - 검지 스캔 전송 간격 : 최대 70msec
  - 검지속도 범위 :  $\pm 250\text{KPH}$
  - 속도 분해능 :  $0.1\text{m/s}$
  - 속도 오차 :  $< 0.4\text{KPH}$
  - 검지 정밀도 : Typ.  $< \pm 2.5\%$  or  $< \pm 0.33\text{ m}$
  - 통신 : Ethernet / CAN / RS-485
  - 속도 오차 :  $< 0.4\text{KPH}$
  - 주파수 : K-Band (24GHz)
  - 데이터 출력 : 거리(M), 속도(Km/h), 검지 객체 (255/scan)
  
- 화물차량이 저속축중기를 충분히 통과할 수 있는 거리(저속축중기 후면에서 30M 이상)의 지점에 대형화물차량을 검지할 수 있는 높이 3M 이상의 폴(Pole)을 세워 현장 상황을 모니터링 할 수 있는 영상(CCTV)와 속도측정 기준장치를 거치하여 검측 차량의 검측구간 진입 이후 진출까지의 연속적 속도자료를 수집함

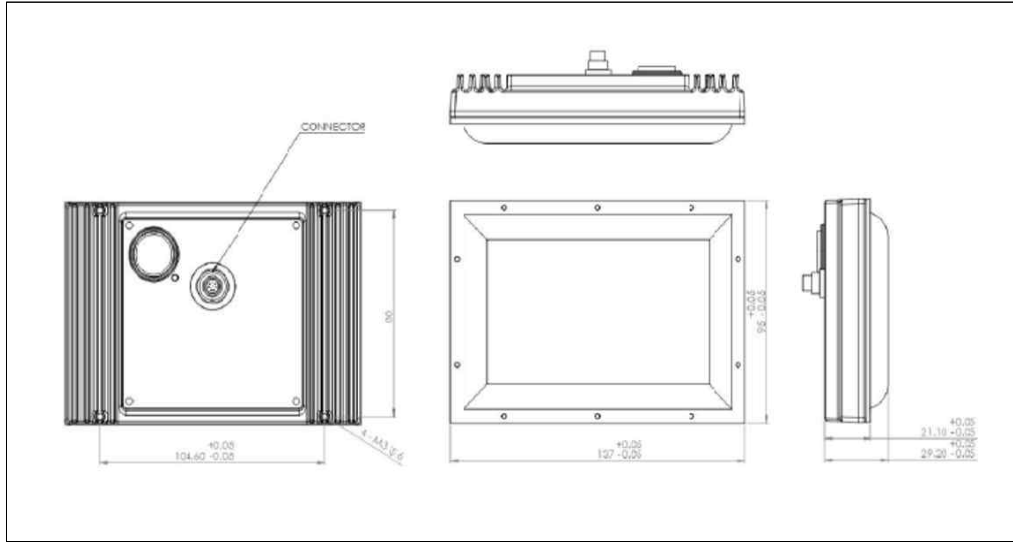


그림3.20 속도측정 기준장치(레이더)



그림3.21 속도측정 기준장치 폴(Pole) 제작



그림3.22 속도측정 기준장치 및 참고영상(CCTV) 거치

#### 다. 주행속도 프로파일 통합제어기 제작

##### - 주행속도 프로파일 통합제어기 데이터 수집 처리 방안

- 진입 및 진출 속도 수집장치(포토센서) 신호의 속도데이터 가공 처리
- 화물차량 진입신호 발생 시 속도 기준장치(레이더) 데이터 연계처리
- 저속측중기 데이터 및 영상(이미지) 데이터 통합 처리
- 속도 및 중량데이터 수집 및 저장
- 통과차량의 기준속도 위반여부 검지
- 현장 모니터링을 위한 참고영상 CCTV 영상 표출

- 저속측중기를 통과하는 차량의 진입 이후 진출까지의 연속적 주행속도를 속도 기준

검지기(레이더)로부터 수신하여 포토센서 센서를 활용한 진입 및 진출 차량속도 데이터와 연계처리하며, 저속축중기로부터 수신되어진 차량 중량정보 및 속도정보를 통합 관리하여 해당 차량의 주행패턴을 분석하여 활용하도록 한다.

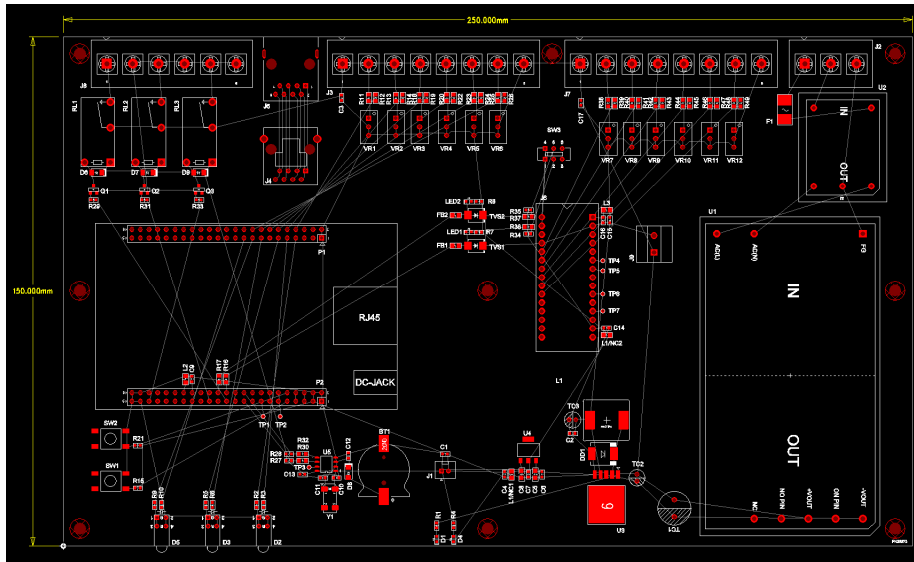


그림3.23 진입 및 출입 속도 수집장치 모듈

- 해당 과적차량 검문소 사무실 내에 주행속도 프로파일 통합제어기 합체를 설치하여 속도 기준장치(레이더) 및 입/출입 포토센서 속도를 표출하며, 실시간 참고영상 CCTV 및 저속축중기 데이터를 모니터링 하도록 함



그림3.24 주행속도 프로파일 통합제어기 (과적검문소 사무실)

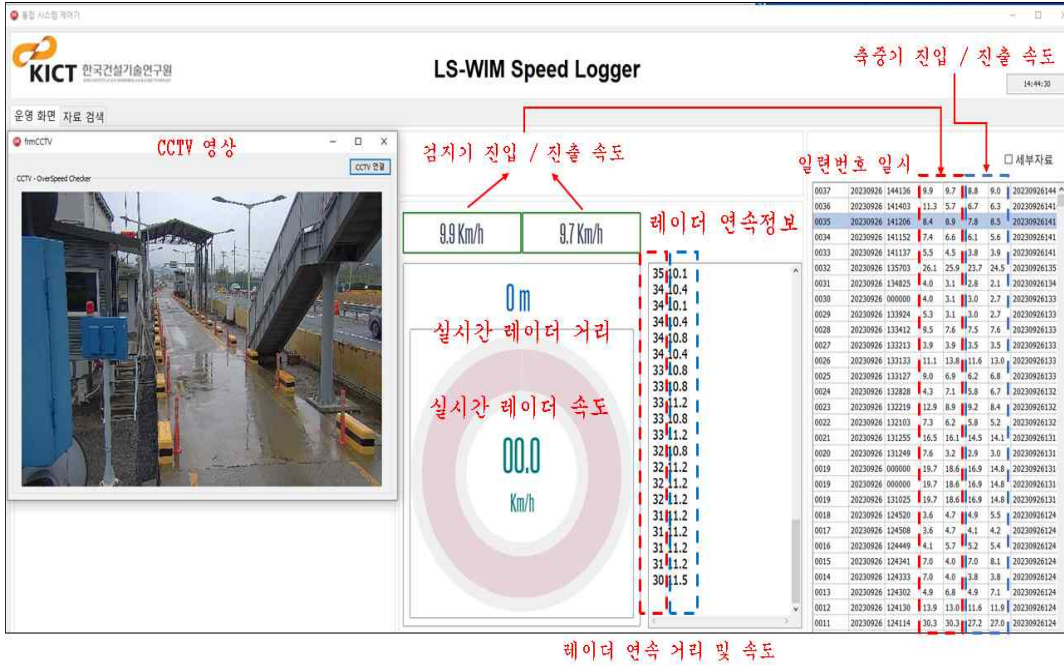


그림3.25 주행속도 프로파일 통합제어기 소프트웨어 메인화면

## 라. 센서 및 제어기간 통신 프로토콜

- 주행속도 프로파일 통합제어기 내 센서 및 모듈간 프로토콜

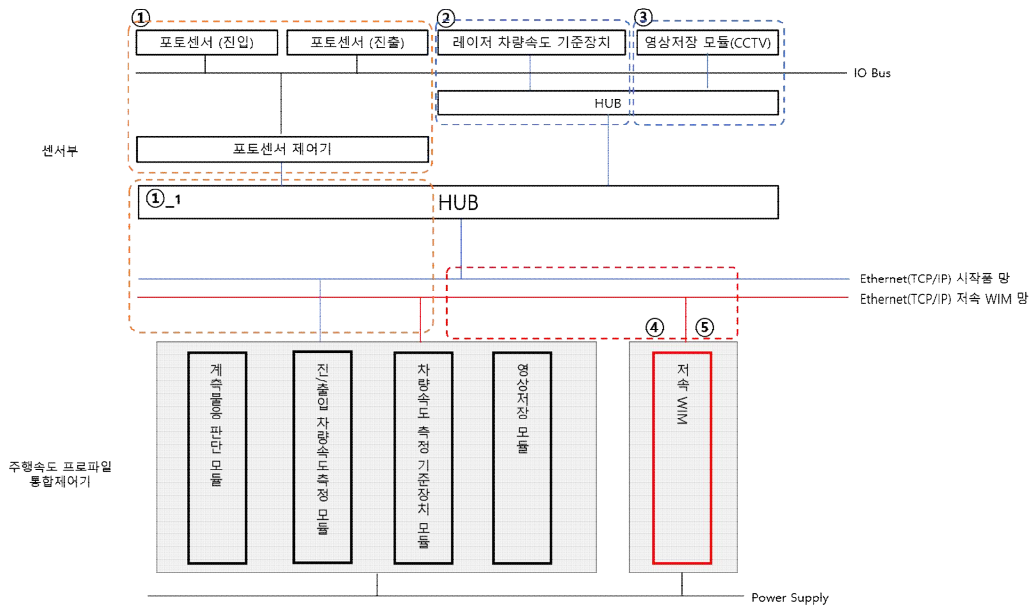


그림3.26 주행속도 프로파일 통합제어기 데이터 개념도

- 진입 및 진출 속도 센서와 와 포토센서 제어기

- 본 규격은 포토센서 진입/진출과 제어기 간 연결을 위한 통신 규격이다. 프로토콜은 Io Bus 통신을 기반으로 적용된 규격으로 이루어짐

표3.2 진입 및 진출 속도 센서와 와 포토센서 제어기간 통신

방식	IO BUS Communication	
구분	포토센서 진입/진출	포토센서 제어기
역할	Sensor	Analog to Digital
출력	NPN O-C	Analog Scanning to Digital
속도	< Max. 1ms	< Max. 1ms
기타	NPN or PNP open collector output · Load voltage: Max. 30VDC · Load current: Max. 200mA · Residual voltage: NPN Max. 1V, PNP: Max. 2.5V	

- 진입 및 진출 속도 수집장치(제어기) 와 주행속도 프로파일 통합제어기간 통신
  - 본 규격은 포토센서 제어기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 또는 컨트롤러 간 연결을 위한 통신 규격이다. 프로토콜은 Ethernet(TCP)을 기반한 규격으로 적용된다

표3.3 진입 및 진출 속도 수집장치와 주행속도 프로파일 통합제어기간 통신

방식	UDP Communication	
구분	포토센서 제어기	프로파일 통합제어기
역할	Sever/Client	Server/Client
포트	35555	35175
바이트 오더	Litten - endian	
스터핑	DLE Stuffing	

- 포토센서 진입 및 진출 속도 수집장치(제어기)에서 검출된 진입/진출 아날로그

신호의 디지털 정보를 주행속도 프로파일 통합제어기로 전송함

표3.4 진입 및 진출 속도 수집장치와 통합제어기간 통신 규격

구분	Start	Command	Data	End	Check-Sum
내용 (전송)	[STX: 0x02]	[0x67]	진입 IN Tick [8Byte]	[ETX: 0x03]	[BCC]
내용 (전송)	[STX: 0x02]	[0x68]	진입 OUT Tick [8Byte]	[ETX: 0x03]	[BCC]
내용 (전송)	[STX: 0x02]	[0x44]	진출 IN Tick [8Byte]	[ETX: 0x03]	[BCC]
내용 (전송)	[STX: 0x02]	[0x26]	진출 OUT Tick [8Byte]	[ETX: 0x03]	[BCC]
내용 (전송)	[STX: 0x02]	[0x46]	진입 Speed [8Byte]	[ETX: 0x03]	[BCC]
내용 (전송)	[STX: 0x02]	[0x56]	진출 Speed [8Byte]	[ETX: 0x03]	[BCC]
시간(수신)	[STX: 0x02]	[0x53]	YYYYMMDD : [8Byte]	[ETX: 0x03]	[BCC]
시간(수신)	[STX: 0x02]	[0x73]	HHMMSS : [8Byte]	[ETX: 0x03]	[BCC]
<b>비고</b>					
BCC : [Command] + [Data] DLE Stuffing 범위 : [Data]					

○ 레이더 속도 측정 기준장치 통신

- 본 규격은 레이더 차량속도 측정 기준장치 와 주행속도 프로파일 통합제어기 또는 컨트롤러 간 연결을 위한 통신 규격이다. 프로토콜은 CAN을 기반한 규격으로 Ethernet 및 RS-485 통신도 동일하게 적용됨

표3.5 레이더 속도 측정 기준장치 통신

방식	UDP Communication	
구분	레이더 차량속도 측정 기준장치	프로파일 통합제어기
역할	Sever/Client	Server/Client
포트	45175	45555

- 본 규격의 기본적인 Message 구조는 8Byte로 되어있으며, 모든 Message의 구성을 정의하는 것은 Message Identifier에 따라 결정된다.

표3.6 레이더 속도 측정 기준장치 통신규격

Standard Message and UDT Message											
Byte	B10	B09	B08	B07	B06	B05	B04	B03	B02	B01	B00
Function	Message Identifier		Data Length	Payload							

○ 레이더 속도 측정 기준장치 통신의 예

예)

CA CB CC CD 07 00 08 11 3C 86 EF 08 40 0A 21 07 00 06  
 13 FB 52 82 2A 4F 05 00 08 01 03 4C BE FA 00 20 00 05  
 01 08 00 00 00 E2 00 34 01 01 05 01 08 9C 46 00 37 68 27  
 6C F6레이더 속도 AD EA EB EC ED

설명:

Start Sequence Ident Length\_\_\_\_\_Data\_\_\_\_\_Ident  
 Length\_\_\_\_\_Data\_\_\_\_\_Ident  
 Length\_\_\_\_\_Data\_\_\_\_\_Ident  
 Length\_\_\_\_\_Data\_\_\_\_\_Ident Length  
 \_\_\_\_\_Data\_\_\_\_\_Ident AD End Sequence

표3.7 레이더 속도 측정 기준장치 통신 세부설명

Start sequence			
Byte3	Byte2	Byte1	Byte0
CA	CB	CC	CD

Ident		Legth	Data payload							
Byte1	Byte0	Byte0	Byte7	Byte6	Byte5	Byte4	Byte3	Byte2	Byte1	Byte0
07	00	08	11	3C	86	EF	08	40	0A	21
07	01	06			13	FB	52	82	2A	4F
05	00	08	01	03	4C	BE	FA	00	20	00
05	01	08	00	00	00	E2	00	34	00	01
05	10	08	9C	46	00	37	68	27	6C	F6

Checksum	End sequence			
Byte0	Byte3	Byte2	Byte1	Byte0
AD	EA	EB	EC	ED

- 참고영상 CCTV 와 주행속도 프로파일 통합제어기 통신
  - 본 규격은 영상저장 모듈(CCTV)과 주행속도 프로파일 통합제어기 간 연결을 위한 통신 규격이다. 프로토콜은 Ethernet(TCP)을 기반한 규격으로 적용된다.

표3.8 참고영상 CCTV 와 주행속도 프로파일 통합제어기 통신

방식	RTSP(TCP) Communication	
구분	영상저장 모듈 (CCTV)	프로파일 통합제어기
역할	Sever/Client	Server/Client
포트	554	554
URI	'/profile2/media.smp'	
UserName	'admin'	
Password	'kick_2023'	

- 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 통신
  - 본 규격은 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 연결을 위한 통신 규격이다. 프로토콜은 Ethernet(TCP/IP)을 기반한 규격으로 적용됨

표3.9 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 통신

방식	TCP/IP Communication	
구분	저속WIM	프로파일 통합제어기
역할	Client	Server
포트	40001	40001
바이트 오더	Litten - endian	
스티핑	DLE Stuffing	

- 상태요청(접속유지)

- 접속 후 5초에 1번씩 SYN 요청
- 응답 60호 동안 응답 없으면 네트워크 접속 종료
- 이후 재접속 시도 5초 1번씩 반복
- bcc 구간 : [command] + [data]
- DLE Stuffing 범위 : [data]

표3.10 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 통신 : 상태요청

구분	시작	COMMAND	DATA	종료	check-sum
내용(요청)	[dle][stx]	[syn]	없음	[dle][etx]	[bcc]
내용(응답)	[dle][stx]	[ack]	없음	[dle][etx]	[bcc]
크기(byte)	2	1	없음	2	1
HEX	[0x10][0x02]	[0x16] [0x06]	없음	[0x10][0x03]	[XOR]

표3.11 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 통신 : 통신해더

구분	시작	COMMAND	DATA	종료	check-sum
내용	[dle][stx]	['E']	[data]	[dle][etx]	[bcc]
크기(byte)	2	1	N	2	1
HEX	[0x10][0x02]	[0x45]	[...]	[0x10][0x03]	[XOR]

표3.12 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 통신 : 검측정보

항목	크기	내용	비고
S_yyyyMMddhh mmss	12	진입 시간 : 진입 차량감지기 on 시간 형식 : yyyy(2b) + MM(2b) + dd(2b) + hh(2b) + mm(2b) + ss(2b)	
E_yyyyMMddhh mmss	12	진출 시간 : 진출 차량감지기 off 시간 차량의 rear overhang 이 마지막으로 감지된 시간 형식 : yyyy(2b) + MM(2b) + dd(2b) + hh(2b) + mm(2b) + ss(2b)	img-key <sup>1)</sup>
serial	2	검측 일련번호 : 0~ 65,535	img-key

lane	1	검측 차로번호 (1~8)	img-key
speed2(진입)	2	속도(소수점1자리 ) 예) 123 → 12.3 km/h : 진입, 진출 PAD 의 평균속도	
speed1(진출)	2	속도(소수점1자리 ) 예) 123 → 12.3 km/h : 진입, 진출 PAD 의 평균속도	
axleCnt	1	검측차량 축수 : 2 ~ 8	
pad_#N	4	패드별 축수 감지	
pad2_R_wN(진입)	2 x 8	Pad4 의 윤중량 (단위:10kg)	
pad2_L_wN(진입)	2 x 8	Pad3 의 윤중량 (단위:10kg)	
pad1_R_wN(진출)	2 x 8	Pad2 의 윤중량 (단위:10kg)	
pad1_L_wN(진출)	2 x 8	Pad1 의 윤중량 (단위:10kg)	
axle2W_N(진입)	2 x 8	축중량 (단위:10kg)	
axle1W_N(진출)	2 x 8	축중량 (단위:10kg)	
gross2(진입)	2	총중량 (단위:10kg)	
gross1(진출)	2	총중량 (단위:10kg)	
S_photoEye_in(진입)	4	진입 차량감지기의 감지 시작 (무조건: 0 )	
S_photoEye_out(진입)	4	진입 차량감지기의 감지 종료 tick <sup>2)</sup> 카운트 차량의 rear overhang 이 마지막으로 감지 된 시점	
pad4_R_in(진입)	4 * 8	진입 Pad4에서 바퀴 감지 시작 tick 카운트	
pad4_R_out(진입)	4 * 8	진입 Pad4에서 바퀴 감지 종료 tick 카운트	
pad3_L_in(진입)	4 * 8	진입 Pad3에서 바퀴 감지 시작 tick 카운트	
pad3_L_out(진입)	4 * 8	진입 Pad3에서 바퀴 감지 종료 tick 카운트	
pad2_R_in(진출)	4 * 8	진출 Pad2에서 바퀴 감지 시작 tick 카운트	
pad2_R_out(진출)	4 * 8	진출 Pad2에서 바퀴 감지 종료 tick 카운트	
pad1_L_in(진출)	4 * 8	진출 Pad1에서 바퀴 감지 시작 tick 카운트	
pad1_L_out(진출)	4 * 8	진출 Pad1에서 바퀴 감지 종료 tick 카운트	
E_photoEye_in(진출)	4	진출 차량감지기의 감지 시작 tick 카운트	

2) 1 tick(= 0.5 ms ) , tick 카운터는 S\_photoEye\_in에서 누적 된 tick 수

E_photoEye_out (진출)	4	진출 차량감지기의 감지 종료 tick 카운트 차량의 rear overhang 이 마지막으로 감지 된 시점	
차량번호	20	문자열	
합계	428		

- 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 이미지 통신
  - 본 규격은 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 연결을 위한 통신 규격이다. 프로토콜은 Ethernet(FTP)을 기반한 규격으로 적용됨

표3.13 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 FTP 통신

방식	FTP(TCP) Communication	
구분	저속 WIM	프로파일 통합제어기
역할	Client	Server
포트	40002	-
모드	Passive mode	
디렉토리	FTP 서버 : #{ftp root}\IMAGE\#{년}\#{월}\#{일} 예) root:\IMAGE\2023\05\11	
UserName	'KICT'	
Password	'KICT'	

표3.14 저속축중기 와 주행속도 프로파일 통합제어기 간 FTP 세부내용

구분	형식	내용	비고
디렉토리	년	yyyy 4 byte, leading-zero 시간 : 2023년 폴더명 : "2023"	img key (Index)의 검측일시
	월	mm 2 byte, leading-zero 시간 : 05월 폴더명 : "05"	
	일	dd 2 byte, leading-zero 시간 : 11일 폴더명 : "11"	
이미지	검측일시	yyyyMMddhhmmss 14 byte, leading-zero 시간 : 2023년 5월 11일 14시 1분 53초 형식 : "20230511140153"	img key (Index)
	차로번호	NN 2 byte, leading-zero 차로 : 1, 2 형식 : "01", "02"	img key (Index)
	일련번호	NNNNN 5 byte, leading-zero 번호 : 23, 9023 형식 : 00023, 09023	img key (Index)
	확장자		jpg (소문자)



# 제 4 장

## 결 론

### 1. 연구 성과의 우수성

- 비정상 주행으로 계측 불응하는 과적차량을 단속하는 본 기술은 기술적, 운영적, 경제적 측면에서 우수성을 발휘함
- (기술성) 기존 차량 가·감속 회귀모델은 고속도로, 일반국도, 신호 교차로 등 특정한 도로구간에서 통과 시각 및 속도 자료를 수집하여 개발한 것으로 수집하는 차량의 속도 자료 특성이 대상 범위(장소)에 따라 다르므로 다양한 장소에 설치된 검문소에 보편적인 적용이 불가함. 그러나 개발모형은 다음과 같은 우수성으로 기존 문제점을 극복함
  - 1) 차량의 가속, 등속 및 감속 시간을 구간별로 정의한 다항식 속도 프로파일을 생성하는 운동학적(Kinematic) 모델을 적용함으로써 특정 구간이나 장소에만 적용해야 하는 문제점 해결
  - 2) 차량 무게 및 운전자의 인위적인 행위 등으로 인해 실제 주행 프로파일이 연속적인 곡선으로 표출되는 실 세계 현상을 표현하고,
  - 3) 운전 행위 등을 고려한 형상 계수 및 정사인 함수(Versine Function)를 적용하여 비현실성을 제거하여 속도 프로파일 추정값의 정확도 향상
- (운영성) 기존의 대수분리기(적외선 LED 포토센서)와 축중패드의 산출자료를 사용하고, 계측 불응 여부 판단 프로그램 또한 기존 과적차량 단속시스템의 운영 프로그램에 탑재하여 사용하므로 운영성이 뛰어남
- (경제성) 신규 시스템을 새로이 도입하는 것이 아니고, 기존 장치들을 활용하는 기술이므로 추가 비용이 최소화되어 비용 측면의 효과가 매우 큼

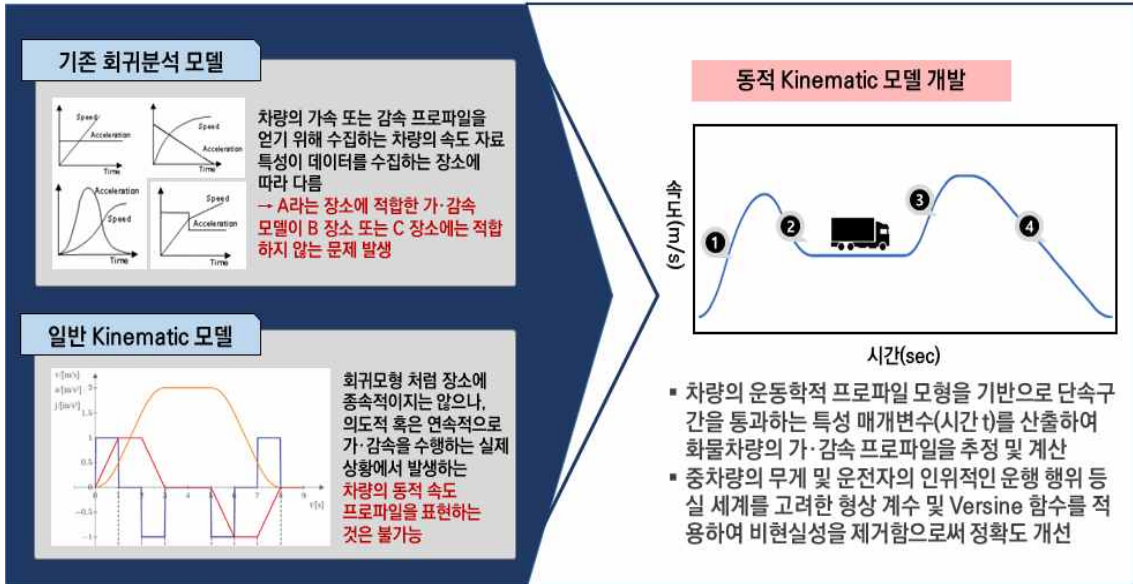


그림4.1 기존 차량 속도 프로파일 모델 대비 개발모형의 기술적 우수성

- 수요기업(신청기업)으로 기술이전과 권리 확보를 위해 「비정상 주행속도 프로파일 추정기술을 이용한 중량계측 불응 단속시스템」과 관련하여 특허 출원 1건, 특허 등록 1건 이상, S/W 등록 1건을 예정 계획
  - 화물차량 가감속도 주행 프로파일 추정모형 개발 및 시작품(기준장치) 관련 특허
  - 비정상 주행속도 정보 추출, 판정, 계측불응여부 판단 관련 SW 등록
- 수요기업은 과적검문소 및 고속도로 요금진입소에서 과적차량 단속장비로 사용하는 저속측중기의 시장 점유율 2위 기업으로 외산에 의존하는 장비를 국산화하였고, 카메라 시스템 및 관련 부가장비를 접목하여 단속시스템을 꾸준히 개선하고 있는 특화된 기업임
  - 수요기업(신청기업)은 기존의 과적단속시스템이 가감속 등 속도 변화를 이용하여 단속을 회피하는 화물차량을 단속하지 못한다는 문제점을 사전에 인지하고 있었던 바, 1990년대 초반부터 과적차량 단속시스템에 많은 경험과 노하우를 보유한 건설연과의 기술협력을 바탕으로 사업영역을 확장하고자 하는 높은 의지력을 갖고 있어 본 개발 예정 기술에 대해 건설연과 실시계약을 확약
- 국가 과적차량 단속업무 및 관련 정책을 관장하는 국토교통부의 특정감사 지적사항으로 과적단속의 실효성 확보 차원에서 필수적인 장치로 작용하므로 향후 수요 확실
  - 현재 비정상 주행으로 인한 단속 미비점을 인지하고 있는 도로관리청에 신뢰성, 경

- 제성, 운영성 한계 극복형 맞춤형 기술을 제공함으로써 단속업무 기능 개선
- 국토교통부 논산국토관리사무소의 정안 과적차량검문소를 현장 실증을 위한 테스트 베드로 사용하므로 계측기술이 안정화되면 매우 높은 홍보 효과를 발휘
  - 개발 장비 설치가 증가할수록 비정상 주행으로 계측불응하는 화물차량에 대한 과적 단속의 실효성이 증가하는 만큼 시장수요의 성장 가속화
- 차축 조작 과적검지시스템과 연계한 복합 단속시스템 구축으로 시너지 효과
- 국내의 대표적인 과적단속 회피 방법인 차축 조작과 비정상 주행(가감속) 검지가 동시 가능한 복합 단속장치의 응용개발에 적용
- 자중계 동적하중 정확도 개선에 적용
- 온보드 계량(On-board Weighing) 장비인 자중계는 중량센서 및 장치를 차량 자체에 장착하여 차량의 축하중과 총중량을 측정하는 비매설 방식의 중량계측시스템으로 운행 중에 발생하는 차량 진동으로 인해 정적하중 대비 동적하중의 정확도가 떨어짐
  - 차량의 ECU와 CAN 통신 프로토콜을 통해 개발모형에서 등속 주행 구간을 파악하고 이때의 차량 중량값을 동적하중에 적용함으로써 측정정확도 개선

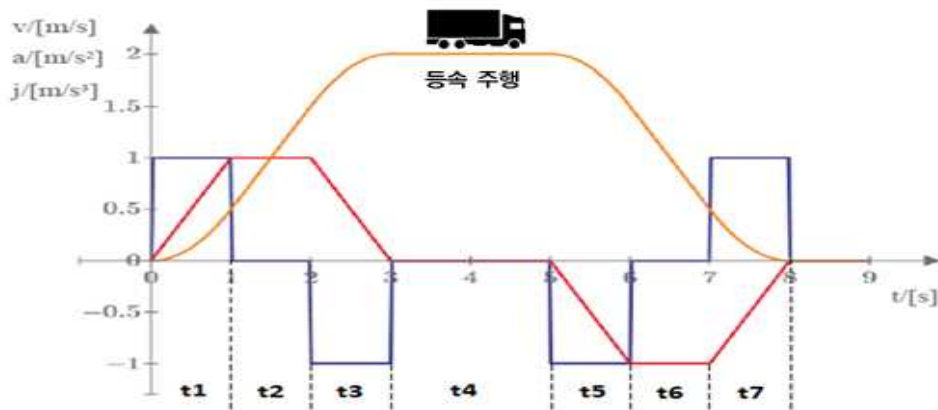


그림4.2 등속주행 시 자중계 동적하중 계측정확도 —개선에 적용

## 2. 성과표 달성

- 본 연구의 성과지표 달성 현황은 다음과 같음

표4.1 본 연구의 성과지표 달성 현황

성과지표	목표치	측정방법 및 산식	달성도(%)	달성내용
<b>WBS 1. 화물차량 가감속 등 화물차량 비정상 주행패턴 특성 분석 시나리오 [20백만 원]</b>				
<b>성과목표 1-1. 국내·외 화물차량 비정상 주행패턴 및 과적단속 기술 연구 동향 조사 분석</b>				
국내·외 연구동향조사	국내·외 연구동향조사	연구결과 보고서 확인	100	연구동향 분석서
<b>성과목표 1-2. 과적단속 회피를 위한 비정상 주행패턴 및 시나리오 분석 테이블 개발</b>				
시나리오 정의서	시나리오 분류 정의서	연구결과 보고서 확인	100	시나리오 분류 정의서
<b>WBS 2. 화물차량 가감속 등 주행속도 프로파일 추정모형 개발 [30백만 원]</b>				
<b>성과목표 2-1. 도로구간의 차량 주행속도 프로파일 산출모형 조사 분석</b>				
기술분석	기술분석서	보고서 확인	100	기술분석 보고서
<b>성과목표 2-2. 화물차량 가·감속도(주행속도) 프로파일 추정모형 개발</b>				
특허출원	특허출원(1건)	특허출원	100	특허 신고서
학술지게재 논문	학술발표논문(2건)	학술지게재 논문	200	논문게재
<b>WBS 3. 속도 측정 기준장치 설계·제작 [50백만 원]</b>				
<b>성과목표 3-1. 단속구간 통과 화물차량 속도산출 장치 설계</b>				
연구시설 및 장비 구축	설계서	설계서	100	장치 설계
<b>성과목표 3-2. 단속구간 통과 화물차량 속도산출 장치제작</b>				
단속구간 통과 화물차량 속도산출 장치 제작	연구시설 및 장비 구축	시작품	100	시제품 제작

### 3. 파급 효과

#### 3.1 기대효과

- (과학기술적 기대효과)
  - 과적단속 및 차량 중량검지 기술의 개선 선도
  - 운전자의 인위적인 조작 및 의도적인 행위에 대응한 과적단속은 이제까지 차축 조작을 검지하는 기술을 주로 하였으나, 축하중 및 총중량 단속회피를 위해 중량센서 앞에서 실시하는 가감속 행위를 감지하고 판단하는 방식의 기술 방향 제시
- (사회경제적 기대효과)
  - 사업화 기술개발 성공 시 5년 후인 2029년의 국내시장 매출 규모는 약 125억 원, 그리고 간접적인 경제 효과는 약 200억 원에 이를 것으로 예상

표4.2 경제적 파급효과

구 분		화물차량 비정상 주행속도 프로파일 기술 적용 (단위: 억 원)								
경제적 파급효과		2021년	2022년	2023년 (당해년)	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029 ~
기술 수명		도입	도입	도입	도입	성장	성장	성장	성장	성숙
TRL				6	8	9	9	9	9	9
직접 경제 효과	세계시장규모	-	-	2,916	3,208	3,529	3,881	4,270	4,697	5,166
	세계시장 점유율	-	-	-	-	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%
	세계시장기여	-	-	-	-	71	78	85	94	103
	국내시장규모	-	-	0.5	7	15	30	60	150	250
	국내시장 점유율	-	-	100.0%	100.0%	90.0%	80.0%	70.0%	65.0%	50.0%
	국내시장기여	-	-	0.5	7	13.5	24	42	97.5	125
간접 경제 효과	생산유발효과	-	-	0.6	8.0	13.4	26.8	48.3	86.8	156.2
	부가가치유발	-	-	0.2	2.4	4.0	7.9	14.3	25.7	46.3
	합 계	-	-	0.8	10.4	17.4	34.7	62.6	112.5	202.5

- 도로 유지보수 비용 절감
  - 과적차량에 의한 도로 및 교량 파손으로 매년 천억원 이상의 예산 소요
  - 과적차량 단속의 효율성 제고로, 과적차량 근절 시 연간 소요되는 도로 및 교량 유지보수비용의 약 65%\* 절감 가능

\* 국토교통부(2005), 운행제한차량 통행 핸드북

- 교통사고 예방
  - 과적차량은 무게 중심이 위쪽으로 쏠려 제동거리가 길어지고 전복 가능성이 높아 대형 사망 사고로 이어질 가능성 또한 매우 높음
  - 10t 이상 화물차 사고 시 운전자 사망 확률이 승용차 운전자의 4.1
  - 단속 기술개발로 과적차량이 유발하는 대형 교통사고 예방에 기여
    - ※ 과적차량이 유발하는 교통사고에 의한 사회적 비용 연간 3,584억 원\* 추정
  
- 도로 소음 공해 저감
  - 과적차량은 운행 시 엔진의 과다출력으로 심각한 소음 공해 유발
  - 비정상 주행 과적차량 단속 기술개발로 과적차량이 유발하는 도로 소음을 저감시켜 국민의 삶의 질 개선에 기여
    - ※ 과적차량이 유발하는 소음에 의한 사회적 비용 연간 2,972억 원\* 추정
    - \* 국토교통부(2004), 운행제한차량의 운행허가 활성화 방안 연구

### 3.2 개발기술 성장성

- 국도 과적검문소 적용
  - 국도 과적검문소(25개소)에 계측 불응하는 과적차량 단속시스템 적용
- 고속도로 과적검문소 적용
  - 고속도로 과적검문소에 계측 불응하는 과적차량 단속시스템에 단계별 적용



그림4.3 개발 기술의 향후 성장성

# 제 5 장

## 차년도 연구계획

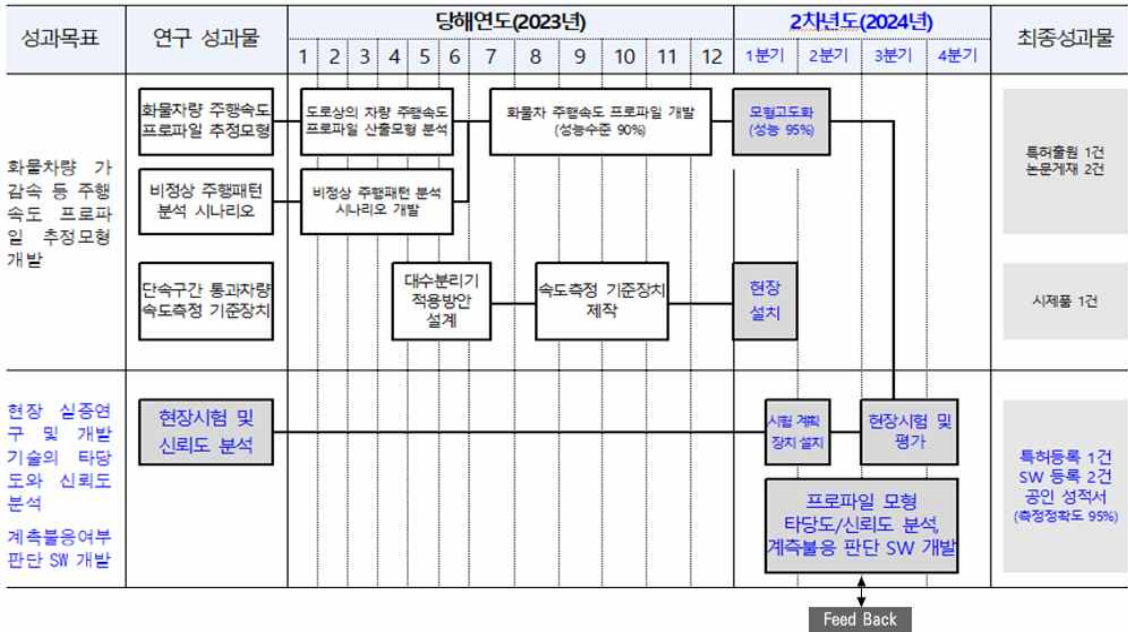
### 1. 연구개발의 목표 및 내용

차년도(2차년도)				
<b>WBS. 1 화물차량 주행속도 프로파일 추정모형 고도화 및 최적화 [ 35백만 원]</b>				
성과목표 1-1. 1차년도에서 개발한 화물차 주행속도 프로파일 계산 기술의 고도화				
특허 등록	특허등록(1건)	2022년도 국가 R&D 평균 등록 건수 적용 (1.3건/10억)	특허 출원 및 등록 건수 특허등록증	특허등록
성과목표 1-2. 계측불응(단속회피) 여부 판단 프로그램 개발				
SW 등록	SW 등록 (2건)	과제 평균 프로그램 등록 건수 적용 (1.62/1개 과제)	프로그램 개발 건수 SW 등록 건수	SW 등록
<b>WBS. 2 현장 실증연구 [24백만 원]</b>				
성과목표 2-1. 시험항목 및 절차, 평가방법 등 실증계획 수립				
시험시나리오 실증계획서	연구보고서	연구보고서	연구 보고서 내용확인 보고서 확인	시험시나리오 실증계획서
성과목표 2-2. 시험구역 설계, 현장시험장치 설치 및 시험 속도의 허용오차/기계오차 검증				
현장시험	시험 결과서	연구목표를 고려 하여 현장 시연 및 테스트	현장 시연 및 테스트 자료 보고서 확인	현장시험 계측자료
<b>WBS. 3 타당도 및 신뢰도 분석 [41백만 원]</b>				
성과목표 3-1. 기준장치의 타당도 및 개발모형의 공인타당도 검사 수행				
속도 단속시스템 정확도	속도 정확도 (95%)	( 추정 값 / 실 측 값 ) × 100%	공인기관평가 신뢰도와 측정의 오차 관계식	인증시험서
성과목표 3-2. 화물차 주행속도 프로파일 추정 모형 및 계측불응 여부 판단 프로그램의 신뢰도 분석				
속도 단속시스템 신뢰도 분석	신뢰도 분석	신뢰도 분석	기준장비 대비신뢰도 분석보고서	신뢰도 분석
논문	논문 (비 SCI(E)) (1건)	R&D 투자액 대비 논문게재 실적	논문게재건수 학술지 게재논문	논문게재

## 2. 차년도(2차년도) 성과지표

성과지표명		단위	2차년도 (기존)			2차년도 (수정)		
			목표치	세부 내용	증빙 (예정 자료명)	목표치	세부 내용	증빙 (예정 자료명)
지식 재산권 출원 및 기술 실시 계약 체결	특허 출원 (국내)	건						
	특허 출원 (국외)	건						
	특허 등록 (국내)	건	1	가감속도 프로파일	특허등록증	1	가감속도 프로파일	특허등록증
	특허 등록 (국외)	건						
	신기술 등록	건						
	프로그램(S/W) 등록	건	2	계측불응 시스템 가감속도 프로파일	프로그램 등록증	2	계측불응 시스템 가감속도 프로파일	프로그램등 록증
	실용신안 등록	건						
	디자인 등록	건						
	노하우 등록	건						
	상표 등록	건						
	기술실시 계약	건	1	기술실시계약 30백만원	기술실시계약서	1	기술실시계약 30백만원	기술실시계 약서
	기타							
	기술적 성과	시제품/시작품 제작	건	1	계측불응 시스템 현장실증시작품	시작품	1	계측불응 시스템 현장실증시작품
제품화 및 상용화		건						
현장적용, 시험시공, 테스트 베드 구축		건	1	현장실증 정안과적검문소	설치	1	현장실증 정안과적검문소	설치
시험 평가, 성능평가, 인증, 공인성적서		건	1	성능평가	시험성적서	1	성능평가	시험성적서
논문 (SCI(E))		건						
논문 (비 SCI(E))		건	1	계측불응	중량계측 불응 시스템	1	계측불응	중량계측 불응 시스템
논문 (학술대회)		건						
세미나·설명회· 초청연수 등 개최		건						
기술홍보		건						
기타								
경제적 성과	사업기획보고서(PCP) 제출	건						
	후속사업 연계	건		※ 기간, 예산, 대상국, 발주 처, 공동 참여기관 등 사 업 기본 개요 기입			※ 기간, 예산, 대상국, 발주 처, 공동 참여기관 등 사 업 기본 개요 기입	
	기업 매출액 기여	건						
	기업 원가절감 기여	건						
	기타							
사회적 성과	기술규격/기준/지침/ 매뉴얼 마련 및 정책 반 영	건	1	중량계측 불응 시스템 기준	기술기준서	1	중량계측 불응 시스템 기준	기술기준 서
R&R관 련지표	SDGs 목표 연계 성과지표 기입	건						
	기타							

### 3. 연구개발 로드맵 (TRM)



## 참고 문헌

---

1. 대한민국 특허등록 제10-0722857호 속도프로파일생성장치 및 그 제어방법, 2007.05.22.
2. 대한민국 특허등록 제10-1393683호 차량의 주행속도 예측 시스템 및 방법, 2014.05.02
3. 대한민국 공개특허 제10-2018-0082115 S-커브를 이용한 모션 프로파일 생성 방법 및 컴퓨팅 장치. 2018.07.18.
4. 대한민국 특허등록 제10-846734, 운전 상태 판단 장치 및 방법, 2018.04.02
5. Akcelik, R. and D. C. Biggs(1987), "Acceleration Profile Models for Vehicles in Road Traffic", *Transportation Science*, Vol. 21, No. 1, pp. 36-54.
6. Akcelik, R. and M. Besley(2001), "Acceleration and Deceleration Models", 23rd Conference of Australian Institute of Transportation Research, Monash University, Melbourne, Australia
7. Jun Wang et al.(2004), "Normal Acceleration Behavior of Passenger Vehicles Starting from Rest at All-Way Stop-Controlled Intersections", *Transportation Research Record* 1883
8. Akhilesh Kumar Maurya and Prashant Shridhar Bokare(2012), "STUDY OF DECELERATION BEHAVIOUR OF DIFFERENT VEHICLE TYPES", *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 2012, 2(3): 253 - 270
9. Akhilesh Kumar Maurya(2014), "Acceleration and Deceleration Behaviour of Truck on Indian Highway",  
<https://www.researchgate.net/publication/275971252>

## 서지 자료

1. 출판물 고유번호 건기연 2023-091	2. 사업분류 2023년 주요사업(중소기 업지원사업)	3. 발행일 2023. 12. 31	
4. 제목/부재 비정상 주행속도 프로파일 추정기술 을 이용한 중량계측 불응 단속시스템 개발		5. 연구수행기간 2023. 01. 01 ~ 2023. 12. 31	
6. 연구수행기관 한국건설기술연구원		7. 연구 수행자 김성현, 김진우, 이치열	
8. 수행기관 주소 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283		9. 연구의뢰기관 및 주소 해당 없음	
10. 공동 수행기관 해당 없음		11. 계약 또는 인가번호 해당 없음	
<p><b>12. 초 록</b></p> <p>본 연구는 과적단속 회피를 위해 단속장비 설치구간을 가·감속하여 통과하는 등 비정상도로 주행하는 화물차량의 속도 프로파일을 판단하는 모형을 개발하고, 타당도 및 신뢰성 분석을 통해 개발모형 및 단속시스템의 일관성을 확보함</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 요청 중소기업의 기술지원을 통한 기업의 성장 동력 기반 조성</li> <li>- 화물자동차 주행속도 및 가감속 프로파일 추정모형 개발</li> <li>- 개발모형의 타당도(Validity) 및 신뢰도(Reliability) 분석 및 실증 실험 운전자의 인위적인 조작 및 의도적인 행위에 대응한 과적단속은 이제까지 차측 조작성을 검지하는 기술을 주로 하였으나, 축하중 및 총중량 단속회피를 위해 중량 센서 앞에서 실시하는 가감속 행위를 감지하고 판단하는 방식의 기술 방향 제시</li> </ul>			
<p><b>13. 키워드</b></p> <p>중량계측 불응, 주행속도 추정, 차량검지기, 차량계수기, 과적단속</p>			
<b>14. 기타사항</b>			
15. 비밀구분	16. 총면수	17. 발행부수	18. 가격

# Bibliographic Data

---

<b>1. Report ID</b> KICT 2023-192	<b>2. Project Classification</b> Reserve Fund Research and Development Project	<b>3. Report Data</b> December 31, 2023	
<b>4. Title</b> Development of weight measurement non-compliance enforcement system using abnormal driving speed profile estimation technology		<b>5. Research Period</b> January 01~December 31, 2023	
<b>6. Performing Organization</b> Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology		<b>7. Authors</b> Kim, Seong Hyeon Kim, Hyun Suk Lee, Chi Yul	
<b>8. Performing Organization Address</b> (Daehwa-Dong)283, Goyangdae-Ro, Ilsanseo-Gu, Goyang-Si, Gyeonggi-Do, 10223, Korea		<b>9. Sponsoring Agency</b> None	
<b>10. Co-performing Organization</b> None		<b>11. Contact No.</b> None	
<b>12. Abstract</b> <p>This study aims to avoid enforcement for overweight vehicles by accelerating and decelerating through sections where enforcement equipment is installed. Develop a model to determine the speed profile of abnormally driving freight vehicles, and ensure consistency of the development model and enforcement system through validity and reliability analysis.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Creating a foundation for corporate growth through technical support for small and medium-sized businesses</li> <li>- Development of freight vehicle driving speed and acceleration/deceleration profile estimation model</li> <li>- Validity and reliability analysis and verification experiments of the development model</li> </ul> <p>Enforcement for overweight vehicles in response to the driver's artificial manipulation and intentional actions has so far mainly used technology to detect axle manipulation, but the direction of the technology is to detect and judge acceleration and deceleration in front of the weight sensor to avoid enforcement for axle load and gross vehicle weight of vehicles.</p>			
<b>13. Keywords</b> Weighing non-compliance, Driving speed estimation, vehicle detector, vehicle counter, Overload enforcement			
<b>14. Supplementary Note</b> None			
<b>15. Security Class</b>	<b>16. No. of Pages</b>	<b>17. Circulation</b>	<b>18. Price</b>

#### 주의사항

1. 본 보고서는 우리 연구원이 주요사업(수요기반 중소·중견기업 지원사업)으로 수행한 자체 연구 성과로서 정부 정책이나 견해와는 다를 수도 있습니다.
2. 본 보고서의 내용을 인용할 경우 반드시 출처를 밝혀 주시기 바랍니다.
3. 무단복제는 절대 금하며 저작권 관련법에 의해 처벌을 받을 수 있습니다.

#### 구입안내

본 보고서의 구입을 원하시는 분은 아래 연락처로 문의하시기 바랍니다.

- 문의처 : 한국건설기술연구원 홍보정보팀  
TEL : 031-910-0077, 0081

건기연 2023-091

비정상 주행속도 프로파일 추정기술을 이용한 중량계측 불응 단속시스템 개발

- 출판사등록번호/
- 발행일/ 2023. 12. 31
- 발행처/한국건설기술연구원  
경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)  
TEL : 031- 910-0077  
www.kict.re.kr
- 인쇄처/세창문화사