

어린이 교통안전 인지 지도 개발 및 교통사고 저감 설계기법 개발 최종보고서

2016.11.2.

주관연구기관 / 울산과학기술원

국 토 교 통 부
울산과학기술원

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개 하여서는 안 됩니다.

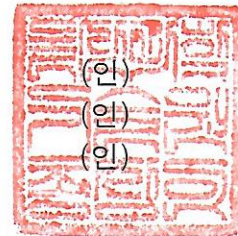
제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원) 귀하

‘어린이 통학 안전을 위한 교통안전 인지 지도 개발 및 사고 유형별 어린이 교통사고 저감 설계기법 개발’(연구개발 기간 : 2014.8.14 ~ 2016.8.13) 과제의 최종보고서 2부를 제출합니다.

2016. 11. 2.

주관연구기관명 : 울산과학기술원 (대표자)
협동연구기관명 : (대표자)
참여기관명 : (대표자)



주관연구기관책임자: 조기혁
협동연구기관책임자:
참여기관책임자:

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	15CTAP-C07 8783-02	해당 단계 연구 기간	2015.8.14.-2 016.8.13	단계구분	(해당단계)/ (총단계)
연구사업명	중사업명	국토교통기술촉진연구 사업			
	세부사업명	창의도전연구분야			
연구과제명	대과제명	어린이 통학 안전을 위한 교통안전 인지 지도 개발 및 사고 유형별 어린이 교통사고 저감 설계기법 개발			
	세부과제명				
연구책임자	조기혁	해당단계 참여 연구원 수	총: 4명 내부: 4명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부:50,000천원 기업: 천원 정부 외: 천원 계: 천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 4명 내부: 4명 외부: 명	총 연구개발비	정부:100,000천원 기업: 천원 정부 외: 천원 계: 천원
연구기관명 및 소속 부서명	울산과학기술원 도시환경공학부			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
- 울산광역시 동구 초등학교 약 1200명을 대상으로 인지도 개발 - 교차로와 가로로 구분된 인지도 프로토타입 제안 - 실제 사고 발생자료로는 파악할 수 없었던, 교통사고 위험 인지 요소 이를 개선하기 위한 설계기법 제안함. - 교차로에서의 시야, 교차로 1층부 입구의 수는 인지위험을 높이는 주요한 요소임 - 이 밖에 보행량, 인구밀도, 학생이용시설, 횡단보도 설치, 도로의 최대 너비 및 교차되는 도로의 너비차이, 스쿨존 표시 등은 초등학생의 교통사고 인지위험을 높이는 요소로 작용함				보고서 면수: 84	

〈 국문요약문 〉

연구의 목적 및 내용	- 어린이 통학 안전을 위한 교통안전 인지 지도 프로토타입 개발 (1) 체계적인 방식으로 교통사고의 위험 인지를 조사하고 이를 바탕으로 안전인지를 공간적으로 구현함. (2) 인지도도 프로토타입을 제안하여 타 스쿨존으로 적용을 확대 - 어린이 교통사고 유형별 사고저감 설계기법 개발: (1) 교통사고에 대한 낮은 주의력(awareness)의 결정요인을 파악하고 (2) 인지 지도의 정보를 이용한 사고저감 설계기법을 제안				
연구개발성과	- 울산광역시 동구 초등학교 약 1200명을 대상으로 인지도도 개발 - 교차로와 가로로 구분된 인지도도 프로토타입 제안 - 실제 사고 발생자료로는 파악할 수 없었던, 교통사고 위험 인지 요소(교차로에서의 시야, 교차로 1층부 입구의 수 등)를 파악하고, 이를 개선하기 위한 설계기법 제안함				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	- 현재 지자체는 교통사고 발생 빈도 자료를 이용하여 어린이보호구역의 교통시설 개선 사업을 진행하고 있으나, 본 연구의 결과물은 초등학생의 사고 인지 정보를 이용하여 설계 도입 요소를 정의할 수 있음을 보여줌 - 연구 대상지를 확대하여 다양한 물리적 특성과 인적 특성을 지닌 지역에 적용하고, 연구 결과를 토대로 교통시설 시범사업을 시행할 경우, 어린이 교통안전이 크게 향상될 것으로 기대함				
핵심어 (5개 이내)	교통안전인지지도	보행자 교통사고	사고저감설계기 법		

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	- Development of perceived crash risk map for school-aged children (1) propose systematic approach to collect perceived crash risk of school-aged children (2) develop prototypes of perceived crash risk map - Development of design intervention for reducing pedestrian crashes (1) identify determinants of low awareness (perceived crash risk) in diverse context (2) propose design interventions based on perceived crash risk information				
Results	- Collect perceived crash risk information from 1,200 school-aged children in Dong-gu, Ulsan - Develop two types of perceived crash risk; street-based and intersection-based map - Identify built environment determinants for perceived crash risk of school-aged children - Propose policy implications to reduce potential crash risk in school zone				
Expected Contribution	- Perceived crash risk of school-aged children provides ample information for the potential crash risk near school zone - Expand the scope of study context and composition to diverse environment and initiate pilot project for safe route to school program				
Keywords	Perceived crash risk map	Pedestrian crash	Street design technique for risk reduction		

목 차

제1장. 연구개발과제의 개요

제1절 연구의 배경 및 필요성	7
1. 연구의 배경	7
2. 연구개발의 필요성	9
제2절 연구개발의 목표 및 범위	11
1. 연구의 목표	11
2. 연구개발 범위	12

제2장. 국내외 기술 개발 현황

제1절 관련 분야의 국내외 연구동향 및 학술적 성과	14
1. 국내 연구동향 및 기술 개발 현황	14
2. 국외 연구동향 및 기술 개발 현황	19
제2절 연구개발결과가 관련분야에서 차지하는 위치	22

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

제1절 문헌고찰 및 자료수집	24
1. 문헌 고찰	24
2. 사고 위험 인지 조사	32
3. 보행 환경 DB 구축	39
4. 사고 DB 구축	45
제2절 인지도 개발 및 설계기법 제안	52
1. 어린이보행자의 사고위험 인지조사를 통한 교통안전인지지도 구축 체계 수립	52
2. 인지 지도 분석을 통한 인지위험 및 실제 위험 결정요인 분석	57
3. 위험 인지와 실제 사고와의 관계	63
4. 교통사고 저감 설계기법 제안	65
5. 본 연구 결과의 차별성	67

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제1절 연구개발 목표 달성도	68
1. 연구개발 수행 진도율	68
2. 연구개발 목표의 달성도	69
제2절 관련 분야 기여도	72

제5장. 연구 개발성과의 활용 계획

제1절 연구 결과의 활용방안	73
제2절 기대성과 및 파급효과	73
1. 기술적 측면	73
2. 경제.산업적 측면	74

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술정보

75

제7장. 연구 개발성과의 보안등급

77

제8장. 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

77

제9장. 연구개발과제의 대표적 연구실적

78

제10장. 참고문헌

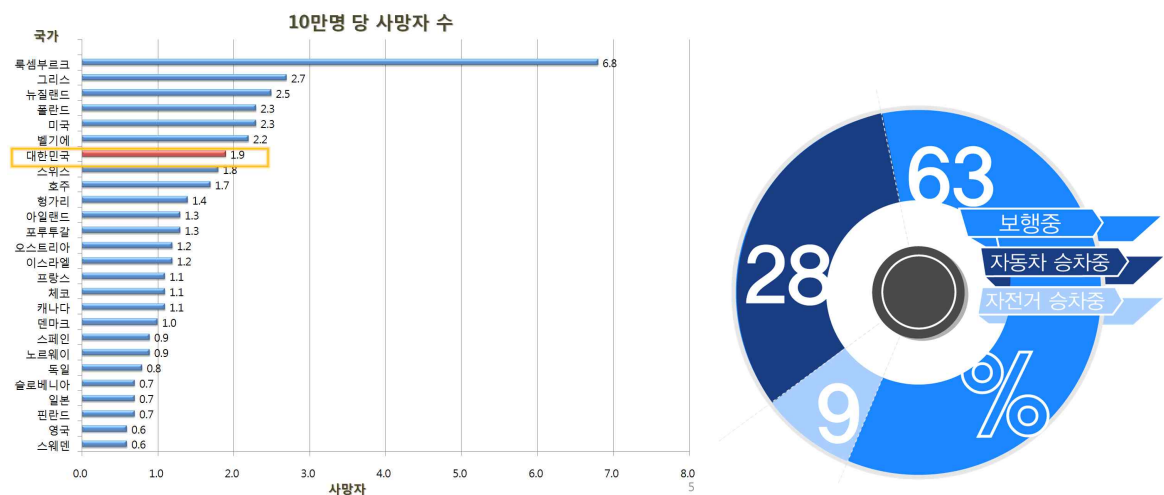
80

제1장. 연구개발과제의 개요

제1절 연구의 배경 및 필요성

1. 연구의 배경

- 자동차 중심의 도시공간구조 개발과 경제성장으로 인한 소득수준의 증가는 자동차 시대를 등장시켰고, 이로 인해 교통사고, 환경오염 등 여러 문제가 대두됨. 그 중 도로 위 교통사고로 인한 물리적 손실 비용은 2012년 21조원으로 그에 상응하는 인명 피해까지 고려하였을 때 사회적으로 우려할만한 수준임 (한국교통연구원, 2015)
- 2012년 기준 국내 인구 10만 명당 교통사고 사망자 수는 10.8명으로 OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) 회원국 중 가장 많은 것으로 집계되었으며, 보행 중 사망자수 구성비 또한 37.6%로 가장 높았음 (도로교통공단, 2014). 이를 연령층 별 분류를 통해 비교해 보았을 때, 안전취약계층인 14세 이하 어린이, 그리고 65세 이상 노인 인구의 사고 발생 비율이 OECD 회원국들의 평균 이상인 것으로 나타났고, 안전 취약 계층으로 정의되는 어린이의 안전문제는 기록적인 저출산 추세의 지속과 미래 세대의 인구 감소라는 사회적 문제와 맞물려 그 중요도가 더욱 높아지고 있음



<그림 1-1 OECD 국가 어린이 인구 10만 명당 교통사고 사망자 수 (좌) 및 사망자 비율 (우)>

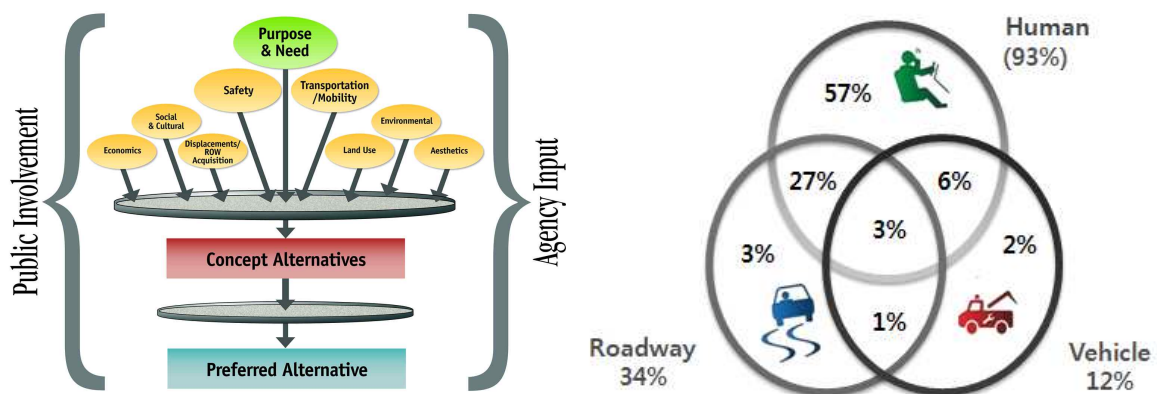
- 어린이들은 차량에 대한 주의와 위험 대처 능력의 부족으로 교통사고의 위험에 쉽게

노출되며, 이에 따라 어린이들을 교통사고의 위험으로부터 보호하기 위해 학교 정문 중심으로 반경 300m 이내 주변도로 중 일정 구간을 ‘어린이 보호구역(스쿨존)’으로 지정하였음. 1995년 도입 후 2014년까지 총 15,444개의 학교 및 유치원이 스쿨존으로 관리되었으나, 위 사업이 20년째 지속되고 있음에도 어린이 보행자 교통사고 대비 스쿨존 내 어린이 보행자 교통사고의 발생건수는 2007년 4%, 2014년 11%로 그 비율이 꾸준히 증가하는 추세임

- 도로교통공단의 자료에 따르면 최근 5년간 어린이 보호구역 내에서 발생한 교통사고는 연평균 22.7% 증가하였으며, 어린이 보호구역 100개소 당 어린이 교통사고 발생건수는 3.9에서 5.6건으로 증가함. 특히 어린이 안전사고에 의한 사망 중 교통사고의 비율은 43% (통계청, 2005)로 여전히 가장 높은 비중을 차지하고 있어 어린이의 안전을 위한 교통 대책 및 기술의 개발이 필요한 실정
- 위 결과는 기존의 시설물(안전표지, 신호기, 과속방지시설) 설치 중심으로 이루어진 어린이 보호구역의 운영과 관리가 효과적이지 못하였음을 반증하는 결과이며, 이러한 상황에 대응하기 위하여 서울시는 2016년까지 어린이 교통사고의 50% 감소를 목표로 어린이 보호구역의 관리 및 운영에 대한 전면적인 개선 사업을 진행 중임
- 지난 수십 년간 효과적인 공급시스템을 구축하여 경제 성장에 따른 주택 및 교통 인프라의 부족 문제를 해결하는 것이 국토계획의 주요한 목표였으나, 최근 국토관리 문제는 양적 성장에서 질적 성장 중심으로, 개발과 성장 중심에서 관리와 안전 중심으로 그 중요성의 무게가 변화하고 있음
- 보행 중 교통사고 발생의 핵심적 요소 중 하나가 보행자의 안전에 대한 인지성이라는 점을 고려하면, 어린이 보행자의 공간 인식 요소를 반영한 창의적 교통대책 기술 마련의 필요성이 강조되고 있는 상황임
- 특정 지점에 대하여 보행자가 인식하는 사고 위험의 정도는 잠재적인 교통사고 발생에 영향을 미칠 수 있으며, 특히 어린이 보행자의 사고 위험 인지에 대한 자료는 향후 발생할 수 있는 등하굣길 사고 위험성을 나타냄. 특히 안전 인지와 실제 사고 빈도의 불일치가 발생하는 지점에 대하여 향후 높은 사고 위험을 지시하므로 불일치 양상에 따라 양자 간의 격차를 최소화 할 수 있는 교통안전 기술 및 시스템이 필요함

2. 연구개발의 필요성

- 지자체에서 교통시설 개설 사업을 진행하기 위한 지점 설정의 주요한 근거는 과거 교통사고 발생 빈도이나, 교통사고 발생 지점에 대한 정보는 이미 실현된 사고 위험을 지시하고 있을 뿐, 이에 대한 잠재적 위험 요소를 파악하는 데 한계를 갖음
- 잠재적 교통사고의 위험성을 파악하기 위하여 Schneider et al.(2004)는 보행자의 교통사고 빈도에 대한 자료와 보행자가 인식하는 사고 위험을 조사하여 물리적 환경과의 연관성을 분석함. 실제 보행자는 교통사고의 빈도에 대하여 매우 제한적인 정보만을 갖고 있지만, 보행자가 인지하는 사고 위험성은 보행자의 행태 및 환경 노출도 (environmental exposure)에 직접적으로 영향을 받아 사고의 위험에 대한 선험적 정보를 제공한다고 지적
- 기존의 교통안전 향상을 위한 기술개발들은 주로 IT 기술을 활용하여 안전관련 시설물 및 안전관리 시스템을 개발하는데 초점을 맞추어 왔으나, 교통사고 발생의 주요 원인 중, 시설물을 포함하여 도로의 물리적 특성에 기인하는 비율이 약 34%이며, 보행자 및 운전자와 관련한 요인이 93%, 이동 수단 관련 요인이 12%라는 점을 고려하면 (Cornell Local Roads Program, 2009), 교통안전 향상을 위한 기술들이 지나치게 안전설비 및 시스템 개발 중심으로 이루어져 왔다는 점을 알 수 있음



<그림 1-2 교통사고의 주요 원인(좌) 및 일리노이주 Green Bay Road 프로젝트에 적용된 CSS 컨셉 저용의 예 (우)>

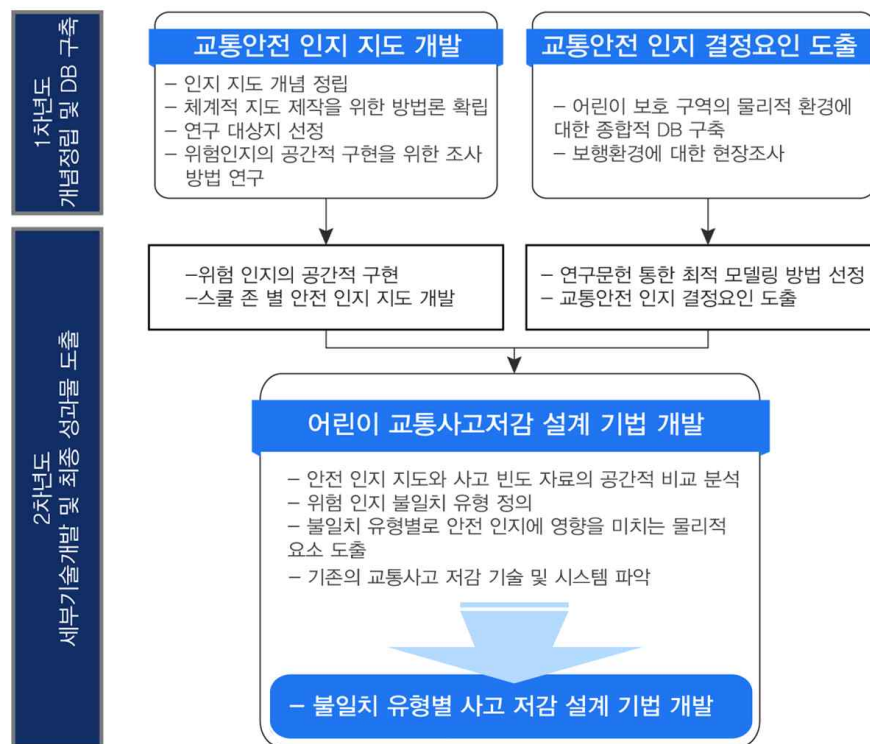
- 교통사고 발생의 주요 원인이 보행자 또는 운전자에게 있다는 점은 사고 위험에 대한 환경인지와 주의력이 교통사고 발생의 핵심적 요인이라는 점을 시사함. 환경인지 및 주의력은 교차로의 설계 및 안전시설 뿐 아니라 도시환경에 대한 복합적이고 종합적인 요소에 영향을 받게 됨

- Cho et al.(2009)는 인지되는 사고 위험은 도시의 물리적인 환경 특성에 따라 실제 사고 빈도와 상이하게 나타날 뿐 아니라 부(negative)의 관계를 갖을 수 있음을 지적함. 연구 결과에서 보행자 사고의 빈도는 밀도가 높고 토지이용이 혼합된 지역에서 높게 나타나지만, 보행자가 인식하는 사고의 위험성은 오히려 낮은 밀도의 주택가에서 높게 나타남. 즉, 인지되는 사고 위험과 실제 사고의 불일치를 이해하기 위해서는 도로 및 교통 설비의 특성 뿐 아니라, 건축물, 토지이용, 도로주변의 전반적 물리적 환경에 대한 종합적인 자료를 바탕으로 통합적 접근이 이루어져야 한다는 점을 시사함
- 교통 환경 및 설계 요소에 대한 통합적 접근의 필요성은 북미를 중심으로 이루어지고 있는 Context Sensitive Solution(CSS)의 기본 원칙에서도 잘 드러남. CSS에서는 도로 설계 요소 및 안전 기술 적용에 있어서 도로의 이용자, 건축, 조경 그리고 커뮤니티 구성원의 특성까지 고려한 도시의 환경 맥락(context)의 이해를 강조하고 있음
- 어린이 교통안전을 위한 사고 원인별 solution을 찾기 위해서는 어린이 보행자 및 운전자의 위험 인지에 영향을 미치는 설계 요소를 과학적으로 도출하여야 하며, 환경 인지에 영향을 미치는 설계 요소는 도로변의 물리적 환경에 대한 통합적 이해를 바탕으로 정의되어야 함
- 기존의 교통 환경 개선사업은 사고 빈도 자료를 활용하여 이루어졌으나, 어린이의 사고 위험 인지를 파악하고 이를 바탕으로 인지도도를 개발하는 연구개발 사업은 아직 진행된 바 없음.
- 인지되는 사고 위험성은 향후 발생할 수 있는 잠재적 사고 위험을 보여주는 신호로서, 어린이 교통사고 예방을 위한 선제적 대응을 위해서 초등학교의 환경인지를 바탕으로 위험인지 지도를 개발하고 이를 실제 사고 빈도와 체계적으로 비교 분석하여 사고 원인별 교통 기술의 적용이 이루어져야 함

제2절 연구개발의 목표 및 범위

1. 연구의 목표

- 어린이 통학 안전을 위한 교통안전 인지 지도 개발: 어린이들의 인지되는 사고 위험을 바탕으로 인지 위험 지도를 개발하고, 이를 선제적 (proactive) 대응을 위한 핵심적 정보로 활용
- 어린이 교통사고 저감 설계기법 개발: 도로 시설물 뿐 아니라 건축, 조경, 도시계획 등 도시 환경의 물리적 환경에 대한 종합적 정보를 활용하여 어린이의 사고위험 인지에 영향을 미치는 요인을 분석하고, 이를 바탕으로 사고 위험을 저감하기 위한 설계요소를 도출



<그림 1-3 연구의 흐름, 최종 목표>

- 초기 연구는 안전인지 지도의 개념 정립 및 제작 방식 확립의 순수 이론단계를 거쳐, 자료 수집을 통해 안전 인지지도의 프로토타입을 개발하고, 교통안전 인지를 구성하는 개별적 설계 요소를 파악하여 불일치 유형별 설계기법을 개발하는 방식으로 진행됨. 1년차에 개념 정립과 자료 수집을 중심으로 연구를 진행하고 2년차에 실제 자료를 바탕으로 안전 인지지도의 시작품을 개발하여, 설계요소를 파악함

<표 1-1 연차별 연구목표 및 내용>

연차	연구목표	주요연구내용
1차년도	개념 정립 및 DB 구축	
	교통안전 인지도도 개발	안전 인지도도 개념 정립 조사방법의 결정 안전 인지도도 구현 방식 결정
	교통안전 인지 결정요인 도출	공간단위의 종합적 DB 구축 미시적인 보행환경에 대한 DB 구축
세부기술 개발 및 최종 성과물 도출		
2차년도	교통안전 인지도도 개발	3개 이상 스쿨존을 대상으로 사고위험 인지 조사 사고위험 인지 공간적 구현 위험 인지도도 제작을 위한 매뉴얼 개발
	교통안전 인지 결정요인 도출	모델링 방법론 선정 교통안전 인지 결정요인 도출
	인지 불일치 유형별 교통사고 저감 설계기법 개발	안전 인지도도와 사고 빈도의 공간적 비교 분석 위험인지 불일치 유형의 정의 사고원인 및 불일치 유형별 교통사고 저감 설계기법 개발

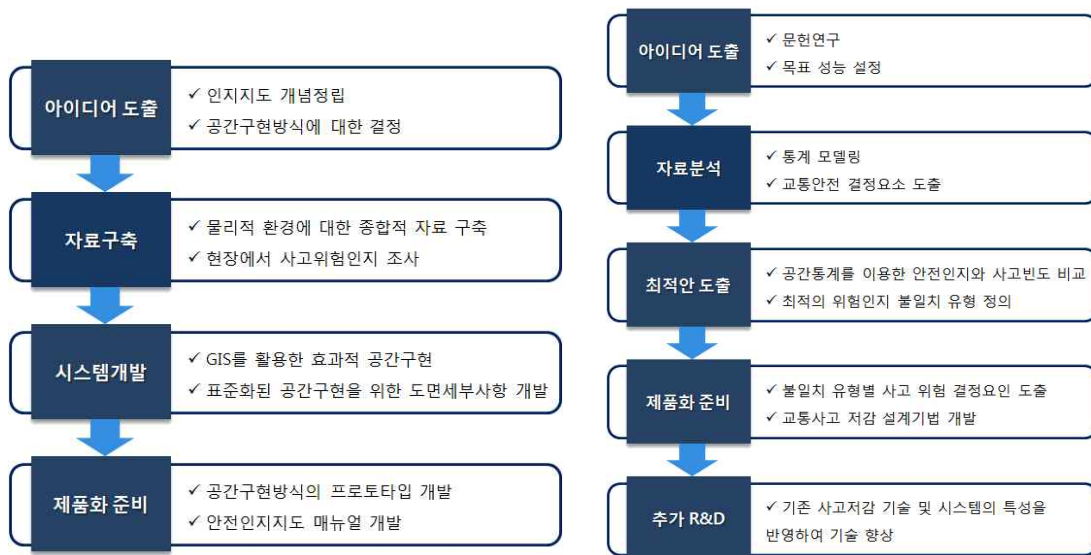
- 본 연구 수행을 위하여 두 가지 연구 목표를 설정함: (1) 교통안전 인지도도를 개발하고, (2) 교통안전 인지 결정요인을 도출하여 교통사고 저감 설계 기법을 개발함
- 1차 년도에는 교통안전 인지도도의 개념 정립과 관련 데이터베이스를 구축하는 단계로서 (1) 교통안전 인지도도 개발을 위하여 조사방법을 결정하고 인지도도의 공간적 구현 방식을 결정하며 (2) 교통안전 인지 결정요인 도출을 위해 물리적 환경에 대한 종합적 데이터베이스를 구축하고, 미시가로환경에 대한 자료를 확보함
- 2차 년도는 세부기술 개발 및 최종 성과물을 도출하는 단계로서 (1) 교통안전 인지도도를 위하여 스쿨존 사고위험에 대한 인지정보를 조사하고 공간적으로 구현하여, 교통위험 인지도도 제작을 위한 매뉴얼을 개발함. (2) 통계 모델링을 활용하여 최종적인 교통안전 인지 결정요인을 도출하며 (3) 인지도도에서 나타난 위험인지와 실제 사고 빈도의 비교를 통해 위험인지에 미치는 요소를 정의하고 (4) 요소별 교통사고 저감 설계기법을 개발함

2. 연구개발 범위

- 공간적 범위: 울산광역시 동구의 8개 초등학교(명덕, 미포, 방어진, 상진, 양지, 일산,

화정, 화진초등학교)의 통학구역

- 내용적 범위: 대상 초등학교의 5, 6학년 학생들의 통학 구역에 대한 사고 위험 인지 조사, 인지 지도 구현, 구축된 물리적 환경 DB를 바탕으로 위험 인지에 영향을 미치는 요소 도출



<그림 1-3 연구개발 흐름도 (교통안전 인지지도 프로토타입 및 개발 매뉴얼-좌), (사고저감 설계기법-우)>

제2장. 국내외 기술 개발 현황

제1절 관련 분야의 국내외 연구동향 및 학술적 성과

1. 국내 연구동향 및 기술 개발 현황

- 어린이 보호구역 교통안전 관련 연구개발 사업들은 주로 ICT 기술을 활용하여 영상 센서 개발, 시스템 제어, 위치정보시스템 개발 등에 초점을 맞추어 이루어져 왔음
- 그러나 시설물 설치 중심으로 이루어진 어린이 보호구역의 운영과 관리가 사고 예방 측면에서 효과적이지 못하였다는 점을 고려하면, 향후 필요한 연구는 보행자 중심의 사고 원인 별 교통 기술 적용이 필요함

<표 2-1 국가 연구개발사업 유사연구 실적>

(단위: 백만원)

부처명	사업명	과제명	예산	비고
중소기업청	산학협력기술개발	센서를 활용한 스쿨존 안전 관리 시스템	46	비트러스트 2011
중소기업청	산학연 공동기술개발 지역사업	스쿨존 내 어린이 보호를 위한 이동식 교통안전시스템 개발	28	상지대학교 2012
국토교통부	교통체계효율화사업	스쿨존 통행안전 통합시스템 개발	1200	서울연구원 2012
산업통상자원부	지역전략산업 육성	어린이보호구역 사고예방을 위한 영상처리기술이 적용된 IT 융복합 교통안전지도시스템 개발	199	덱스비전 2012

가. 보행자 사고 실증 분석

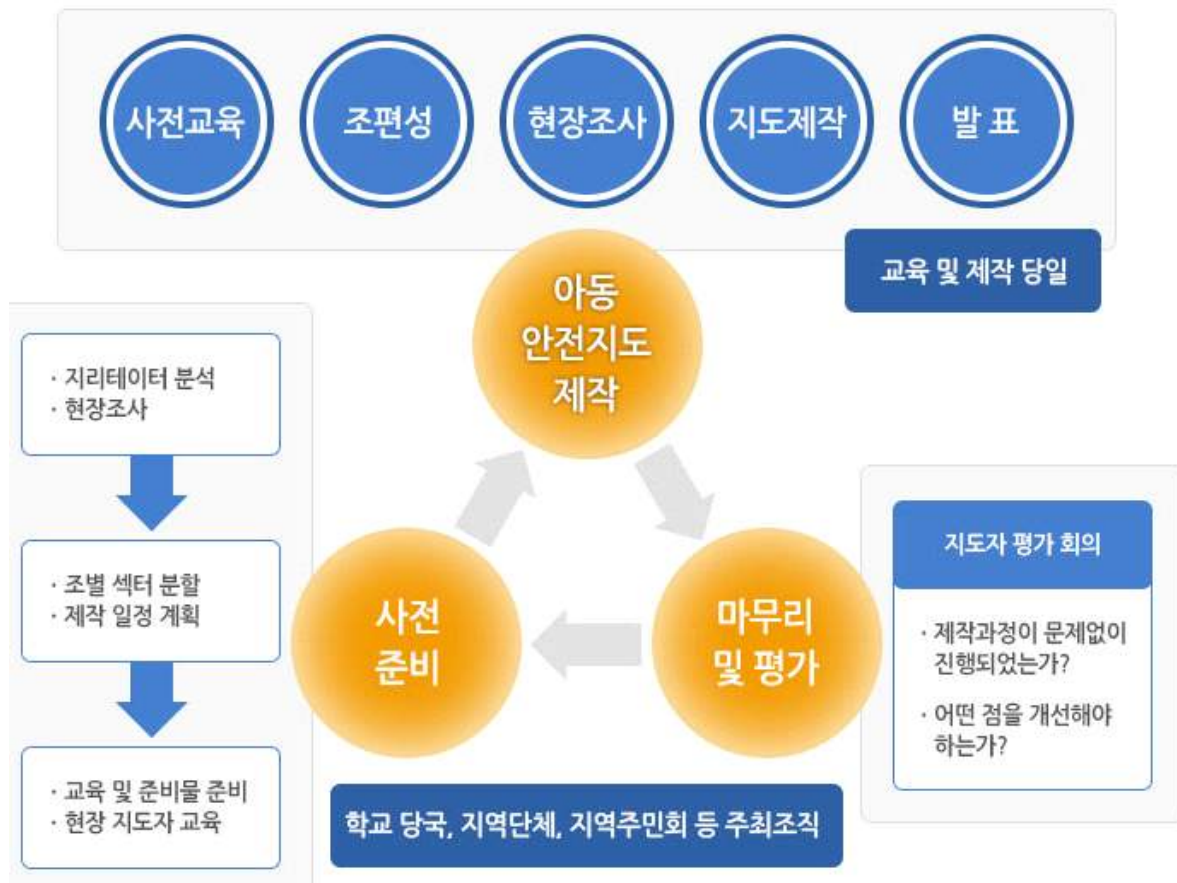
- 어린이 보행자 사고와 관련한 국내 선행연구를 살펴보면, 보행환경 및 물리적 요소와 사고 발생의 상관관계에 대한 실증 연구가 주를 이루며 보행자의 사고 위험 인지에 대한 연구는 거의 이루어지지 않음
- 박경훈, 변지혜(2012)의 연구에 따르면 초등학교 주변 가로의 영구적 장애물, 차량진출입구가 교통사고의 위험도를 높이며, 이세영(2014)은 어린이·노인 보행자 사고를 통합적으로 보았을 때 교차로 밀도, 도로면적 비율, 버스정류장 밀도가 교통사고 발

생과 연관성이 있다는 결론을 도출함

- 토지이용 측면과 관련한 연구에서는 단독주택 토지이용이 많을수록 보행자 교통사고가 적게 발생한다는 연구 결과가 제시되었고(박승훈, 2014), 교통사고의 공간적 분포 패턴을 분석하였을 때, 도심지역의 상업지역에서 교통사고가 많이 발생하였음(성병준, 유환희, 2014)

나. 범죄안전 인지 지도

- 안전인지지도 개발과 관련한 기존의 연구들은 교통안전보다는 범죄관련 안전을 주로 다루고 있음. 이승재(2011), 강석진(2013)는 국내에서 적용할 수 있는 범죄안전 인지 지도 제작방식에 대한 연구를 수행함. 또한 아동들의 범죄예방을 위한 아동안전지도 제작 연구용역(이경훈, 강석진)이 2010년에 완료되어, 전국 초등학교 학생의 아동안전 지도 제작 사업이 이루어지고 있음
- 범죄관련 안전 인지지도 개발 연구가 교통안전에 비하여 많은 이유는 1970년대부터 Oscar Newman이 제안한 defensible space(1972) 이론을 바탕으로 환경인지와 범죄와의 관계에 대한 연구가 지속적으로 수행되어 이론적 틀의 발전이 많이 이루어졌고, Crime Protection Through Environmental Design (CPTED) 사업이 국내외로 진행되고 있어 연구관련 실증자료의 확보가 용이하기 때문임
- 범죄관련 안전 지도의 경우, 공간의 범죄 취약 특성에 대한 판별 능력을 가진 전문가 그룹(CPTED 전문가, 아동안전지도 전문가, 경찰 및 건축 관련 종사자 등)이 먼저 대상 학교의 주변 지도를 분석하고 학교 교사 및 담당자와의 면담을 통해 주요 통학로 및 학교 주변 범죄 영향 요소를 파악한 후, 학생들의 현장조사를 통해 범죄 안전 지도를 제작함
- 이경훈(2008, 아동보호구역 내 CCTV 시스템 구축 및 운영을 위한 가이드라인 개발연구)의 연구결과에 따르면 초등학생의 도보 통학은 대도시의 경우 반경300m, 중소도시의 경우 반경 500m 이내에서 대부분 이루어지며, 농어촌 지역이라 하더라도 500m 이상에서는 차량을 이용하는 경우가 많으므로, 아동의 체력과 조사 결과의 활용성을 고려하여 조사 규모는 학교 중심의 반경 500m를 넘지 않도록 설정됨
- 사전교육과 현장조사를 실시한 후, 아동들은 현장조사용 지도에 표시한 장소를 되짚어가며 현장에서 보고 느꼈던 것을 재정리하는 과정을 거치며 안전 지도를 제작함



<그림 2-1 범죄 안전지도 제작 개요>

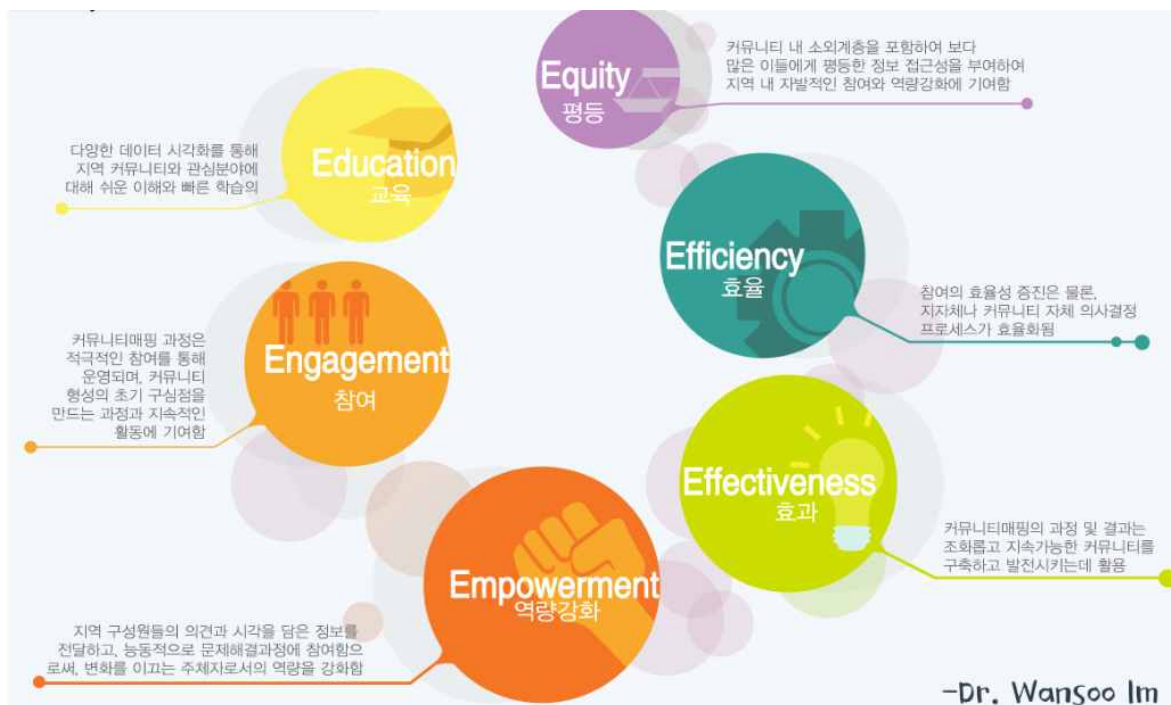
- 이러한 범죄 안전지도 제작의 목적은 아동이 주체적으로 위험하거나 안전한 장소를 발견하고 숙지하는 과정을 통해 범죄피해예방능력을 신장시키고, 안전지도 제작 후 각 조의 결과물을 공유할 때 다른 아동들이 위험 공간을 파악하는 방법을 관찰하는 과정을 통해 위험 및 안전공간을 인식하는 다양한 방안을 고민하는 시간을 갖게 하는 것

다. 커뮤니티 매핑 (community mapping)

- 커뮤니티 매핑센터의 임완수 박사는 커뮤니티 구성원들이 사회문화나 지역의 이슈와 같은 특정 주제에 대한 정보를 현장에서 수집하고 이를 지도로 만들어 공유하는 커뮤니티 매핑(community mapping)을 통해 마을 자산지도 만들기, 공유지도 만들기, 건강지도 만들기, 안전지도 만들기 프로젝트를 수행함
- 특히, 안전지도는 아동안전지도, 생활안전지도, 밤길안전지도, 소방안전지도, 재해안전지도 등 위험의 종류에 따라 다양하게 작성되고 있으며, 서울 서초구 중고등학생들을 대상으로 청소년 안전지도, 서울 성북구 송덕초등학교 학생들과 울산 북구 초등학교

생들을 대상으로 어린이 생활안전지도를 제작함

- 범죄 안전 인지도 지도와 마찬가지로 전문가들의 사전 답사 및 학생들의 사전 교육 과정을 거치며, 모바일 앱 맵플러(Mappler)를 사용하여 현장 답사 시 그 자리에서 즉각적으로 모바일 지도에 위험한 지점과 사진, 그 이유를 작성할 수 있도록 지도함
- 학생들이 참여한 커뮤니티매핑을 통해 지자체가 평소 접근할 수 없는 통학 환경의 생활안전(유해시설 및 교통안전)에 대한 많은 정보를 생성할 수 있었으며, 이는 향후 학교 주변의 통학환경을 더 안전하게 만들 수 있음
- 커뮤니티 구성원들이 직접 취득한 자료를 시각화하여 지역의 현황에 대하여 쉽고 빠르게 이해할 수 있도록 구현하였으며, 문제해결과정에 능동적으로 참여하는 과정을 통해 커뮤니티의 변화를 이끄는 주체자로서의 역량을 강화시키는 기대효과가 있음



<그림 2-2 커뮤니티 맵핑의 기대효과>

라. 아마존 사업

- 2013년 서울시는 향후 20년간의 교통정책 방향과 장기 구상을 담은 <서울 교통비전 2030>을 발표하였으며, 차량, 소유, 개발중심의 교통정책에서 사람, 공유, 환경중심의 정책으로 전환하고, 시가지 보도면적의 2배 확대, 차량 중심의 도로에서 모든 교통수

단 이용자들(자동차, 대중교통, 보행자, 자전거)이 함께 이용할 수 있는 도로 조성, 환경을 배려하는 친환경적 도로 공간 설치 등의 세부 정책 방향을 제시함

- 아마존(아이들이 마음 놓고 다닐 수 있는 구역-zone)은 보행친화도시 서울 비전의 일환으로서, 학교에 인접한 통학로만을 어린이보호구역으로 지정하여 관리하는 기존 정책을 넘어서는 종합적인 생활안전 대책임
- 어린이 보호구역은 어린이 교통사고 예방을 위해 초등학교 주 출입문에서 반경 300m 이내의 주통학로를 보호구역으로 지정하고, 교통안전 시설물과 도로부속물을 설치함으로써 학생들의 안전한 통학공간을 확보하기 위한 목적으로 마련된 제도.
- 매년 어린이 보호구역의 수는 증가하고 있으나, 어린이의 보행특성을 충분히 반영하지 못한 채 속도제한과 교통안전시설 설치 위주의 운영이 이루어져 안전 확보가 충분히 이루어지지 않음. 또한, 어린이를 대상으로 하는 유괴, 성범죄, 학교폭력 등의 범죄가 지속적으로 발생하며, 학교 주변공간에서 일어나는 범죄 문제가 더욱 심각해짐에 따라 범죄와 생활안전을 종합적으로 고려한 안전 대책이 요구됨
- 따라서 아마존은 물리적 보행환경 개선과 더불어 범죄 예방 프로그램을 도입하여 교통사고 예방뿐만 아니라, 유괴와 폭력 등 어린이 대상 범죄를 예방하고, 궁극적으로 아동 친화적 생활환경을 조성하는 사업
- 아마존 사업에서는 기존의 도로 및 시설 설치 위주의 어린이 보호구역 방식을 개선하여, 어린이의 활동 반경을 고려하되 어린이 다중이용시설, 공원, 학원 등을 포함하여 보호구역의 범위를 탄력적으로 조정함. 기존의 물리적 기법들 외에, 속도규제 강화, 주차정비, 통과교통 억제방안, 시간대별 차량통행규제 등 다양한 운영 프로그램의 도입을 강조함
- 아마존에서는 보행자가 길가장자리구역이나 보도만을 이용해야 한다는 인식에서 벗어나 이면도로 전면을 자동차와 함께 이용할 수 있는 공간설계를 적용함. 예를 들어, 보도와 차도의 경계를 나누는 울타리를 제거하고 단차를 없애거나, 보차 경계가 애매하도록 도로 포장을 달리하고, 차도의 폭을 줄이고 곡선형 도로를 도입하여 차량 통행 속도를 감소시키는 기법 등을 적용함
- 아마존 사업을 통해 어린이 중심의 보행환경을 조성하기 위해서는 대상지 주민의 인식변화와 협조가 필요함. 교통정온화 기법 도입, 차량 통행방향 변경, 시간제 차량제한구역 등의 물리적 계획요소는 주민의 참여와 설득, 이해가 필요하므로, 주민협의체를 구성하여 주민주도(bottom-up) 방식으로 관련 주체가 문제점을 공유하고 개선안을

도출하는 협력적 계획 과정을 유도함

- 어린이 교통사고 예방 효과를 넘어 안전한 주거환경 조성 및 생활안전 시스템 구축을 위해, CCTV를 설치하고 상시 모니터링 체계를 도입. 통학로 방향이 같은 어린이들에 대한 등.하교 지도와 안전교육을 실시하며, 지역 내 방범대를 조직하여 범죄 단속을 실시함

2. 국외 연구동향 및 기술 개발 현황

가. 보행자 사고 실증분석

- 기존에 이루어진 많은 연구들은 실제 보행자 사고가 발생하는 원인을 규명하기 위해 실제 사고 기록을 이용하여 모델링 분석을 수행함. 교차로의 물리적 특성 이외에 인구 밀도, 대중교통 접근성 (Clifton and Kreamer-Fults, 2007; Blazquez et al. 2013), 지역의 낮은 소득 수준 및 고용률 (LaScale et al. 2004, Clifton et al. 2009), 혼합적 토지이용 (Schuurman et al. 2009; Wier et al. 2009), 상업 및 산업시설 (Ukkusuri et al. 2012)과 같은 도시의 환경적 특성들이 사고 발생을 높이는 것으로 나타남
- Ukkusuri et al. (2012)은 산업, 상업 그리고 오픈 스페이스 비율이 높을수록 보행자 교통사고가 증가한다고 하였으며, Kim et al.(2006)은 토지이용, 인구, 고용현황 그리고 경제적 활동이 보행자 교통사고에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구를 진행하였음. 이 연구는 사람들이 오픈스페이스나 상업 목적으로 이용하는 지역 근처에서 경제적인 활동을 할 경우, 보행자 교통사고의 위험에 더 많이 노출된다는 결과를 제시함
- Newcastle와 Gosforth에서 근로시간과 비근로시간을 나누어 토지이용과 보행자교통사고간의 관계를 연구한 Priyantha Wedagama, Bird et al. (2006)은 산업, 소매업 그리고 상업적 토지이용이 많을수록 근무시간대에 보행자 사고가 많이 발생한다고 제시함. 또한, 소매업 토지이용이 많을수록 비근로시간대에 보행자 교통사고가 많이 발생한다는 사실을 도출함
- 어린이 보행자 교통사고와 복합적 토지이용간의 관계를 도출한 선행연구들을 살펴보면, Elias, W. and Y. Shiftan(2014)은 복합적 토지이용이 이루어진 지역에 사는 어린이가 그렇지 않은 지역에 사는 어린이보다 보행자 교통사고발생 위험이 증가한다는 결과를 제시함

나. 위험 인지 실증분석

- 교통안전 인지도 개발에 관한 연구는 Asad Khattak 교수가 이론적인 부분을 발전시켰고, 실증 연구 결과는 Schneider et al. (2004), Cho et al. (2009) 등이 있으나, 상대적으로 초기 단계의 연구에 그치고 있으며 연구결과가 사고위험을 낮추기 위한 정책 및 시스템 개발에 활용되고 있지 못함
- Cho et al.(2009)는 성인을 대상으로 낮은 밀도와 주거지 중심의 도시 환경이 사고에 대한 위험 인지를 높인다는 결과를 도출하였음
- 사고 위험 인지에 대한 실증 연구로 Schneider et al. (2004)는 UNC (University of North Carolina at Chapel Hill) 캠퍼스를 대상으로 하여 보행자와 운전자 모두에게 사고 위험 지점에 대하여 설문 조사를 시행하고, 위험 인지 지점의 공간적 특성을 도출하고 실제 사고 지점과 공간적 비교를 수행함. 실제 교통사고 발생 빈도에 대한 자료와 보행자 및 운전자가 인식하는 사고 위험 지점이 공간적으로 상이한 양상을 나타내었음
- 보행환경 및 물리적 요소와 사고 발생의 상관관계에 대한 실증 연구에서는 Elias, W. Y. Shiftan (2014)이 어린이 교통사고에 영향을 미치는 물리적 환경에 대한 연구를 통해 토지이용이 복합적으로 이루어져 있거나 큰 도로에 인접해 있는 경우 어린이 보행자 교통사고 발생 위험이 높다는 결과를 도출함
- 직선형 가로와 교차로 부근, 신호등이 없는 길에서 어린이 보행자 사고 발생 위험이 높게 측정됨 (Carola A. Blazques, 2012)

다. Safe Routes To School (SRTS) program

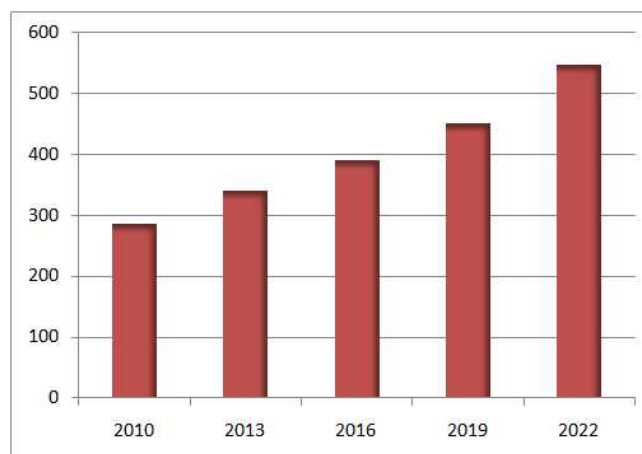
- 미국의 경우 어린이 보행자의 등굣길 안전을 위해 Safe Routes To School (SRTS) 프로그램을 통해 보행환경 평가표를 바탕으로 학교 주변의 보행 환경을 평가하고 이를 개선하기 위해 노력함
- SRTS의 School site audit form은 학생들이 학교생활을 하는 시간대에 School traffic safety team이 학교를 어떻게 등하교하는지를 파악하기 위한 문항으로 구성되어 있음. 구체적인 평가표 항목으로는 학생들의 승하차 구간, 스쿨버스 지역, 인도와 자전

거도로, 학교 주변의 교차로의 특징, 시야확보 그리고 차량의 속도 및 통행 제한을 파악할 수 있는 항목으로 구성됨

- Texas A&M University에서 Active Living Research San Diego, CA에 발표한 School audit은 가로주변의 토지이용, 도로 안전 장비의 유무와 종류, 생활 편의 시설의 유무, 인도의 상태, 학생들의 승하차 구간, 학교 주변에 있는 울타리의 상태, 그리고 학교 주변의 토지이용 등의 항목으로 구성됨
- 위의 Texas 팀이 만든 School audit의 바탕이 되는 Pedestrian Environment Data Scan (PEDS)는 인도의 상태, 인도 위의 장애물, 가로주변 주차된 차량 유무, 차량 속도 제한 장치, 횡단보도 유무 그리고 기타 보행환경 등의 항목으로 구성됨
- community walking and bicycling audit tool은 크게 토지이용, 보행환경, 교통환경 그리고 자전거 이용자들을 위한 환경을 평가할 수 있는 항목으로 구성됨
- 서부 호주 정부의 교통부서에서 실시한 Walkability audit tool은 크게 보도, 횡단시설, 가로 시설물, 차량 그리고 주변 편의 시설에 대한 평가를 할 수 있는 항목으로 구성됨

제2절 연구개발결과가 관련분야에서 차지하는 위치

- 어린이 교통안전 인지와 관련한 국내외 기술 및 특허는 주로 차량 관련 기술에 초점이 맞추어져 있음. 어린이 보호구역내에서 차량 센서를 이용하여 보호 구역 및 보행자를 인식하는 시스템을 개발하거나, 차량 내 커뮤니케이션을 개선하여 안전 인지를 높이는 기술임
- 본 연구의 핵심 기술은 어린이가 인지하는 사고 위험을 파악하고 이를 공간적으로 구현하는 기술로서 기존의 관련 기술 특허와 분명한 차별성을 갖는 것으로 파악됨
- 전통적으로 안전 서비스 산업은 공공부문 투자에 의하여 이루어져 왔음. 2009년 기준 국가 안전서비스 투자는 관련 부서(행정안전부, 소방경찰청, 경찰청 등) 예산의 4.1% 수준임 (강성주, 2009)
- 최근 사회 안전에 대한 사회적 관심이 증대하고 이에 대한 공공의 역할 확대의 필요성에 대한 주장이 힘을 얻으며, 향후 국내 안전서비스 관련 산업은 빠르게 발전할 것으로 예측됨
- Homeland Security Research Corp의 연구보고서(Homeland Security Market Research, Washington DC, 2014)에 따르면, 전세계 2,300개 이상의 도시가 도시안전 관련 프로젝트를 수행하고 있음. 두바이의 안전도시 프로젝트 (2조 3천억), 광둥지역그이 안전도시코리도어 (6조원)을 비롯하여 2011년 전세계 공공안전산업 시장 규모는 305조원에서 2022년 546조원 규모로 성장할 것으로 예측됨



<그림 2-3 공공안전 관련산업 세계 시장 규모 예측(source: Homeland Security Market Research, Washington DC. 2014)>

- 특히 공공안전 데이터 분석 산업은 가장 빠르게 성장하는 분야로서 2014년에서 2022년 사이 37% 시장규모가 증가할 것으로 예상되어 향후 해당 기술 실용화를 위한 토양이 마련되었음
- 본 기술은 세계적으로도 기술개발의 초기단계에 머물러 있기 때문에, 해당 분야에 대한 원천기술 확보는 안전서비스 분야에 대한 국제경쟁력 제고 및 향후 안전 기술 국제 협력에 있어서 주도적 역할을 수행하기 위하여 매우 중요함



<그림 2-4 제안 기술의 SWOT 분석>

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

제1절 문헌고찰 및 자료수집

1. 문헌 고찰

가. 보행자 교통사고와 물리적 환경

- 보행은 인간의 가장 기본적인 이동수단으로서 남녀노소 불문 없이 중요한 신체활동임. 그러나 급격한 도시화와 산업화로 인해 자동차 중심의 도시환경으로 변화하면서 보행자 교통사고가 많이 발생하였음
- 보행자 안전에 대한 관심이 높아지면서 인적요인, 차량영향요인 그리고 도로환경의 일부 요인에 국한하여 보행자 교통사고에 관한 연구가 진행됨. 그러나 이러한 요인 외에도 토지이용과 가로환경과 같은 교통사고 주변지역에 대한 물리적 환경도 중요한 요인으로 생각하여 물리적 환경과 보행자 안전 간의 관계를 분석한 연구가 많이 진행됨
- 물리적 환경은 선행연구를 바탕으로 크게 밀도, 다양성, 대중교통 수단까지의 거리, 디자인 그리고 도착지에 대한 접근성 이 5가지로 나눔
- 체계적인 문헌고찰을 위하여 보행자 안전과 물리적 환경 간의 관계에 중점을 둔 연구들을 수집함. 관련 연구 검색을 위해 보행자 교통사고 (pedestrian crash), 물리적 환경 (built environment), 스쿨존 (school zone) 그리고 어린이 교통사고 (children crash)를 검색어로 이용함. 국내외 구분 없이 위의 단어와 관련된 논문 중 보행자 교통사고와 관련이 있는지 그리고 보행자 교통사고와 물리적 환경간의 관계에 대한 연구인지에 기준을 두고 선정함
- 보행자 교통사고와 물리적 환경간의 관계를 분석하기 위해서 여러 가지 회귀 분석 모형 (음이항 회귀모형, OLS 선형회귀모형, 이항로지스틱 회귀모형, 포아송 회귀모형 등)을 사용
- 물리적 환경은 인간 생활을 위해 건물부터 도시 인프라까지 인간들이 조성한 환경을 뜻하며, 일반적으로 밀도(density), 다양성(diversity) 그리고 설계(design)으로 구분하나, 목적지 접근성(destination accessibility)과 교통수단까지의 거리(distance to transit)를 포함하여 구분하기도 함

- 밀도(density)는 단위 면적 당 인구, 사업체 그리고 가구 수 등이 뽁뽁이 들어선 정도를 나타냄
- 다양성(diversity)는 분석 대상 지역의 다양한 토지이용 정도를 나타냄. 선행연구들은 상업용 토지이용, 주거용 토지이용, 혼합 토지이용 등 다양한 토지이용 비율이나 혼합 토지이용 지수를 다양성과 관련된 변수로 사용함
- 디자인(design)은 분석 대상지의 도로 네트워크 특징을 나타냄. 선행연구들은 교차로의 개수, 형태, 도로의 길이나 폭, 그리고 street segment를 디자인과 관련된 변수로 사용함
- 목적지 접근성(destination accessibility)은 공공시설과 편의시설 등에 대한 접근성을 나타냄. 선행연구들은 상업지역까지의 거리를 목적지 접근성과 관련된 변수로 사용함
- 교통수단까지의 거리(distance to transit)는 통근거리 내에서 가장 가까이에 존재하는 대중교통시설을 나타냄. 선행연구들은 버스정류장의 개수, 대중교통시설 정거장 사이의 거리, 그리고 집이나 직장에서 대중교통시설까지의 거리 등을 교통수단까지의 거리와 관련된 변수로 사용함
- 어린이 보행자 교통사고와 복합적 토지이용간의 관계를 도출한 선행연구들의 결과는 유사함. 어린이 교통사고에 영향을 미치는 물리적 환경에 대하여 연구한 Elias, W. and Y. Shiftan (2014)은 복합적 토지이용이 이루어진 지역에 사는 어린이가 그렇지 않은 지역에 사는 어린이보다 보행자 교통사고 발생 위험이 증가한다는 결과를 도출함
- 토지이용과 보행자 교통사고간의 관계를 분석한 연구 외에도 선행연구들은 밀도와 보행자 교통사고 간의 관계를 도출. 정확한 보행통행량과 교통량을 파악하는데 한계가 있어 간접지표로서 인구밀도와 고용자밀도를 사용하였음. 대부분의 선행연구들은 인구밀도가 높을수록 보행자 교통사고 발생률이 높다는 결과를 도출함 (박승훈, 2014; Clifton and Kreamer-Fulsts 2007; Ouyang and Bejleri 2014; Wier et al. 2009; Cho et al. 2009)
- 교통사고 발생빈도뿐만 아니라 인구밀도가 높으면 보행자 교통사고로 인한 사망자수도 증가할 것이라는 결과는 제시함 (Ukkusuri et al., 2012). Priyantha et al. (2006)은 인구밀도가 높으면 어린이와 성인 보행자의 교통사고 발생률이 근무시간 (월요일~금요일: 아침7시~ 저녁7시)에 높게 나타난다는 결과를 제시함. 특히, Gosforth 지역의

경우, 비근무시간대(월요일~금요일:저녁7시~ 아침7시)에 인구밀도와 어린이 교통사고 발생률이 높은 양의 관계를 보여주었음. 일구밀도뿐만 아니라 고용밀도를 포함한 선행연구들은 고용밀도가 높을수록 보행자 교통사고 발생률이 높아진다는 결과를 도출함 (Ouyang and Bejleri 2014; Wier et al. 2009)

- 교통사고 실증분석과 관련된 선행 연구들에서 주로 다룬 데이터 및 변수들은 다음 표에 정리되어 있음

<표 3-1 built environment >

Diversity	Land use	Industrial land use
		Commercial land use
		Residential land use
		Open land use
		School
		Mixed land use
		Recreational facilities
		Parking lot
		Public building
		Retailing, storage and warehousing
Density		Commercial density
Distance to transit	Transit supply	Bus lanes length # of transit stops (bus, station, subway etc.)
	Transit access	km of bus routes
Design	Road network infrastructure	length of streets and roads
		road width
		roadway type
		# of street segments
		# of intersection
		speed limits
		connectivity
		# of lanes
		driveway for student drop-off
		density of road way
		junction density
	Pedestrian infrastructure	crosswalk signal (lighting)
		pedestrian signals
		sidewalks
		school set back from the road
	Walk / driveway barrier	crosswalk
		fence, guard rail, flower beds, barricade etc.

Destination accessibility		distance to commercial area (commercial access)
	Demographic	race
		population density
		children population (under 17 years old)
		seniors population (over 65 years old)
	Socio-economic	# of commuter
		median income
		vehicle ownership
		housing
		jobs
		education
		employment density

- 주요 분석 방법은 descriptive analysis, negative binomial regression, Ordinary least squares(OLS), Linear regression, Ordered probit model, Binary logistic regression (BLR), Spatial lag model(SLM), 사전 사후분석 (비교그룹을 이용한 사전,사후비교 분석), NKDE, NK-function이 사용되었음
- 보행자 교통사고와 물리적 특성의 관계를 분석하기 위하여 주로 가로(segment) 단위 나 교차로(intersection)단위의 공간적 스케일에서 자료가 정리되었음. County를 대상으로 하는 비교적 큰 공간적 스케일에서는 signalized intersection, 즉, 신호기가 설치되어있는 간선도로에 위치한 몇몇 교차로를 선별하여 분석을 수행하였고, 미시적 공간범위에서는 대상 지역 범위 내에 존재하는 모든 가로 혹은 교차로에 대하여 분석을 수행함
- Miranda-Moreno(2011)는 signalized intersection에 대하여 50m, 150m, 400m, 그리고 600m 버퍼를 적용하여 보행자 활동과 보행자 교통사고에 영향을 미치는 built environment에 대한 실증분석을 수행하였고, 교통량이 30% 감소하면 교차로에서의 보행자 교통사고가 약 50% 감소한다는 결과를 도출함
- California의 Alameda county를 대상으로 보행자 사고를 분석한 Schneider(2010)의 연구에서는 대상지 내의 7,466개의 교차로 중 81개의 signalized intersection에 대해서만 분석을 수행하였음. 각 교차로에 대한 보행량 및 교통량과 교차로 및 차도, 보도의 물리적 특성은 교차로 중심으로부터 15m 내에서 측정하였고, 주변 토지이용 현황과 대중교통 시스템, 그리고 사회경제적인 요소들은 최대 400m 버퍼까지 적용하였음

- Schneider(2004)의 연구에서는 미시적 공간단위의 University of North Carolina at Chapel Hill(UNC)의 캠퍼스를 대상으로 하였으므로 캠퍼스 내에 존재하는 가로 및 교차로 (94개)에 대하여 보행량 및 교통량, 토지이용 특성 및 도로의 물리적 특성이 측정되었음

나. 압축 도시와 보행자 안전 간의 관계

- 급격한 산업화와 도시화로 인해 생겨난 문제점을 해결하기 위해 지속가능한 도시개발에 대한 논의가 지속되고 있으며, 그 중 저에너지소비 도시 형태인 ‘압축도시’가 대두되고 있음
- 압축도시는 고밀도 개발과 직주근접의 토지형태를 통해 1인당 주행거리를 줄이는 긍정적인 효과를 가지며 자동차 이용을 줄이고 보행과 자전거를 교통수단으로 선택하는 비율을 높인다는 결과가 여러 선행 연구에서 확인되었음 (Knuiman et al., 2014; Wineman et al., 2014; Yang et al., 2012; Cervero, 1996). 그러나 외부지역으로부터의 통행량 증가로 인해 보행자들의 안전에 부정적인 영향을 미칠 수 있음
- 자동차 중심의 도시 형태에서 인간 중심의 도시 형태로 도시계획의 패러다임이 변하면서 보행자 안전을 증진시키기 위한 연구들이 많이 진행됨. 선행연구들은 압축도시가 교통에 미치는 긍정적인 효과를 배경이론으로 물리적 환경과 보행자 안전간의 관계를 도출함
- 압축도시 구성에 따라 감소한 1인당 주행 거리가 어떻게 교통안전에 영향을 미치는지에 대한 이론적 가설은 Ewing and Dumbaugh (2009)가 제시한 바 있으며, 해당 연구는 교통안전의 요소를 사고빈도와 교통사고 사망률로 정의하고, 압축적인 도시의 개발은 크게 세 가지 매개변수(mediator)를 거쳐 교통안전에 영향을 미친다고 제안함
- 첫째, 압축도시에 의하여 감소한 교통량이 교통사고에 대한 노출도를 전반적으로 낮추어 교통안전을 제고하며, 둘째로 압축도시에 적용되는 각종 교통안전장치 및 시설물로 인하여 보행자와 자동차의 교통 충돌 빈도가 감소함. 마지막으로 압축도시 특성에 의하여 도시 내 차량의 속도가 감소하여 교통사고 사망률이 낮아지게 됨.
- 그러나 기존의 실증적 연구 결과들 대부분이 이러한 가설을 뒷받침하는 것은 아니며, 특히 첫 번째 가설인 압축도시의 물리적 특성에 의해 교통량이 감소하고 차량에 대한 노출도가 감소하여 교통안전이 제고된다는 내용은 여러 실증 연구의 결과와 상반됨. 기존 연구들(박승훈, 2014; Ouyang and Bejleri 2014; Cho et al. 2009; Wier et al.

2009; Clifton and Kreamer-Fults 2007)은 오히려, 인구밀도와 고용밀도가 교통사고와 양의 관계를 갖으며, 압축도시의 물리적 요소가 교통안전을 제고한다는 경험적 증거를 제시하지 못함

- Yiannakoulis와 Scott (2013)은 토론토시의 내부통행과 유입통행량에 의한 어린이 교통사고 위험에 대한 실증 분석을 수행함. 토론토시는 밀도가 높고, 업무시설이 많아 내부통행뿐만 아니라 토론토시 주변지역의 유입통행 발생에 영향을 미친다고 보여줌. 또한 이러한 유입통행량으로 인해 토론토시의 어린이 교통사고 위험이 증가한다고 제시함
- 대부분의 선행연구들은 압축도시의 물리적 환경과 보행자 교통사고 간의 관계를 하나의 도시나 카운티를 대상으로 미시적인 공간적 범위에서 연구를 진행함. 주로 비주거용 토지이용이 많을수록 교통사고 발생빈도가 많아진다는 결과가 도출되었으며, 밀도가 높을수록 교통사고에 대한 위험성이 증대됨
- 분석단위를 도시 규모 혹은 그보다 큰 규모로 확장할 경우, 도시 간 교통량 이동은 도시 내 교통량 이동보다 그 규모가 작기 때문에, 교통량 발생지역과 발생된 교통량의 분포지역 간 불일치가 줄어들고, 압축도시 특성이 교통사고에 미치는 영향에 대하여 더 명료한 관계를 보여줄 수 있음
- Ukkusuri, Miranda-Moreno et al. (2012)은 보행자 교통사고는 산업, 상업 그리고 오픈스페이스 토지이용이 많을수록 증가한다는 결과를 도출하였으며, Ouyang and Bejleri (2014)는 복합적 토지이용이 증가할수록 교통사고 발생빈도가 높아진다는 결과를 보여줌
- Kim, Brunner et al. (2006)은 토지이용, 인구, 고용현황 그리고 경제적인 활동이 보행자 교통사고에 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 연구를 진행함. 오픈스페이스나 상업용으로 이용되는 지역 근처에서 경제적인 활동을 하게 될 경우, 보행자 교통사고의 위험에 더 많이 노출된다는 결과를 제시함. Newcastle와 Gosforth에서 근로시간과 비근로시간을 나누어 토지이용과 보행자 교통사고 간의 관계를 연구한 Priyantha Wedagame, Bird et al. (2006)은 산업, 소매업 그리고 상업적 토지이용이 많을수록 근무시간대에 보행자 사고가 많이 발생한다고 제시함. 또한, 소매업 토지이용이 많을수록 비근무 시간대에 보행자 교통사고가 많이 발생하였음
- 국내연구에서는 단독주택 토지이용이 많을수록 보행자 교통사고가 적게 발생한다고 제시함 (박승훈, 2014). 교통사고의 공간적 분포의 패턴에 대한 연구는 도심지역 중 상업지역에서 사고 발생 빈도가 높다는 결과를 보여줌 (성병준.유환희, 2014)

다. 위험 인지 개념 정립

- 위험 인지는 부정적인 상황이나 사건에 대하여 개인의 주관적인 생각을 나타내는 것으로, 이는 특정 사건을 어떻게 이해하고 받아들이느냐에 크게 연관되어 사람마다 다름 (Olstedal et al., 2004). 일반적으로, 사람들은 그들의 인지에 근거하여 판단을 하고 행동을 함
- 위험 인지에 대한 연구는 핵 문제와 더불어 1960년대부터 시작되었으며, 교통안전 분야에서는 운전자 및 보행자가 그들의 위험 인지를 바탕으로 어떤 행동을 하게 되는지와 어떻게 위험 요소들을 인지하게 되는지를 이해하고자 하였음 (Diogenes et al., 2010)
- 운전자 및 보행자들의 위험 인지 자료는 사고가 발생하지 않은 지점에 대해서도 사고 발생 가능성에 대한 정보를 제공한다는 점에서 연구의 주요한 자료로 쓰일 수 있음 (Diogenes et al., 2010)
- 보행자 사고는 상대적으로 rare events이므로, 사고 위험 인지 자료는 잠재적인 보행자 사고 위험에 대하여 선험적 정보를 제공하며, 이는 사고를 저감시킬 수 있는 설계 기법 및 요소들을 제안할 수 있음 (Schneider et al., 2004)
- 선행 연구들에 따르면 사고 위험인지는 경찰청에서 제공되는 기록된 교통사고 자료와 양의 관계를 보여줌(Elvik and Bjornskau, 2005). 그러나 위험 인지 자료는 기록된 사고 자료가 지시하지 않은 정보를 제공해주며 (Cho et al., 2009), 각기 다른 도로 환경에서 보행자들의 행동패턴에 대하여 이해를 돕기도 하고(Hine, 1996), 보행자사고를 미리 예방할 수 있음 (Diogenes et al., 2010)

<표 3-2 사고 실증분석 at intersection>

저자	공간적 단위	측정 변수
Schneider (2010)	Alameda county, California signalized intersection	exposure characteristics (# of pedestrian crossing at intersection, vehicle traffic volume)
		Intersection site characteristics (traffic signal, # of lanes, crosswalk, sidewalks, left-turn-only lane, right-turn-only lane)
		land use and transportation system (population, jobs, commercial properties, school, transit station)
		socioeconomic characteristics (male, median income, under 18 years old, over 64 years old)
Mitani (2005)	Kakogawa city, Japan intersection	signal, maximum width of road, difference of width, stop regulation sign
Wong (2007)	Hong Kong, signalized intersection	exposure characteristics (average annual daily traffic)
		geometric design (approaches, lanes, conflict points)
		signal phasing scheme (# of signal stages, cycle time)
Miranda-M oreno (2011)	Montreal city, Quebec, Canada signalized intersection	land use characteristics (commercial, residential, industrial, parks, open space, government/institutional, school)
		demographic characteristics (population, workers, children, seniors)
		transit characteristics (metro station, bus stops, km of bus routes)
		road network connectivity (road length, # of street segments, # of intersections, street length)
Schneider (2004)	University of North Carolina at Chapel Hill, 300-ha segment, intersection	exposure characteristics (length of segment, daily pedestrian volume, daily vehicle volume)
		roadway characteristics (# of lanes, sidewalk, bus stops, crosswalks)
		spatial/land use characteristics (distance from dormitory, library, stadium, hospital, academic buildings)
Pulugurth a (2010)	Charlotte city, North Carolina signalized intersection	demographic/socio-economic characteristics (# of households, employed persons)
		land use (single-family residential, multi-family residential area, office district, mixed land use, historic district, commercial center)

		network characteristics (pedestrian volume, vehicular volume, speed limit, median)
--	--	--

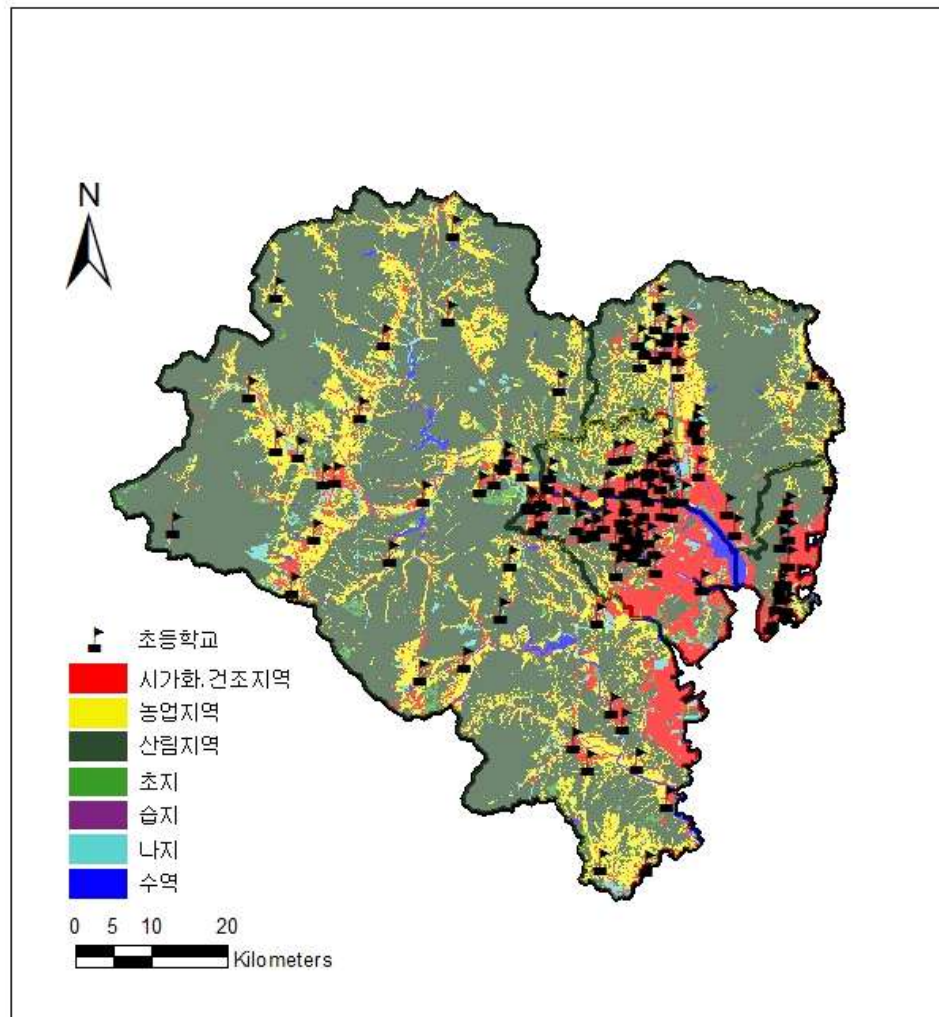
2. 사고 위험 인지 조사

가. 대상지 선정

- 교통안전 인지 지도 개발 연구과제의 핵심 내용은 사고 위험 인지 자료가 잠재적인 사고 발생의 위험성을 지시할 수 있다는 점에 착안하여, 이러한 위험 인지가 어떠한 공간적 양상으로 나타나는지 파악하고 이에 영향을 미치는 보행 환경의 물리적, 인지적 요소들을 분석하는 것. 이를 위해 사고위험 인지 조사와 보행 환경 조사에 용이하도록 지리적으로 가까운 울산광역시를 1차적 대상지로 선정하였으며, 초등학교 위치, 어린이 보행자 사고 자료 분석을 통해 최종 대상지 결정
- 울산광역시의 초등학교는 총 122개 (2013년 12월 기준)이며, 초등학생 (8세~13세) 인구수와 비교하였을 때 평균 전교생 숫자는 남구가 919명으로 제일 높았고, 중구(853명), 북구(818명), 동구(739명), 울주군(457명) 순으로 나타남
- 상대적으로 인구밀도가 낮은 울주군의 경우 초등학교가 넓은 면적에 걸쳐 흩어져서 분포하는 반면, 남구, 중구, 동구 및 북구는 시가지가 형성된 곳에 초등학교가 밀집되어 있음
- 초등학교가 밀집되어 있고 시가화 지역에 가까이 분포할수록 교통사고 위험에 노출되는 학생들의 수가 많을 것으로 예상됨

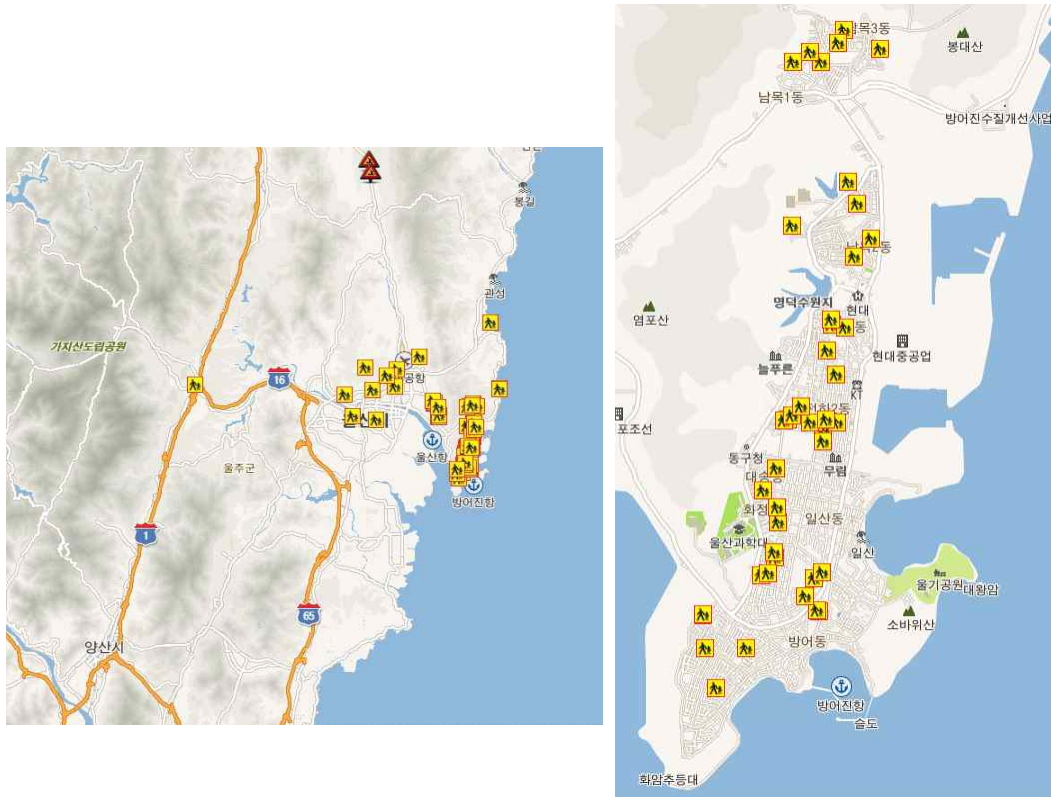
<표 3-3 울산광역시 초등학교 현황>

구분	초등학교 개수 (개)	초등학생 수 (명)	평균 전교생 숫자 (명)
남구	30	27,581	919
북구	20	16,367	818
중구	20	17,061	853
동구	16	11,818	739
울주군	36	16,436	457



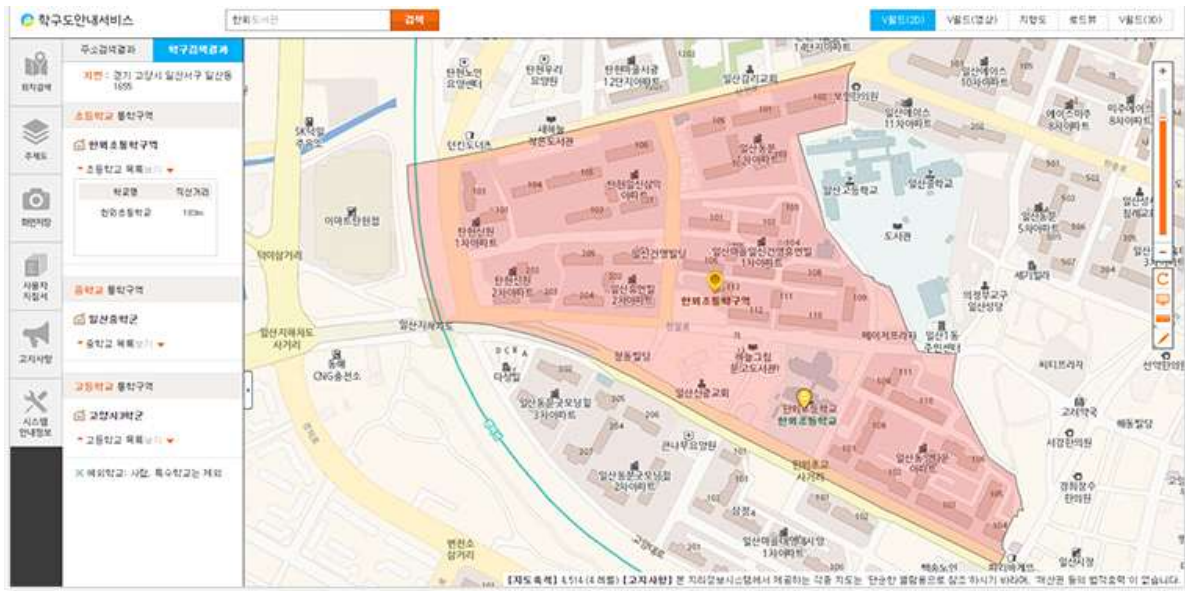
<그림 3-1 울산광역시 초등학교 위치 현황>

- 실제 사고와의 비교 분석을 위해서, 지난 5년간 (2010년-2014년) 울산광역시에서 발생한 어린이 보행자 사고의 지리적 분포 양상을 살펴봄. 자료는 도로교통공단 소관의 UTIS(중앙교통정보센터)에서 제공하는 보행자별 사고데이터를 참고하였으며, 어린이 보행자 교통사고는 총 68건으로 그 중 동구에서 발생건수가 제일 많았음 (46건)

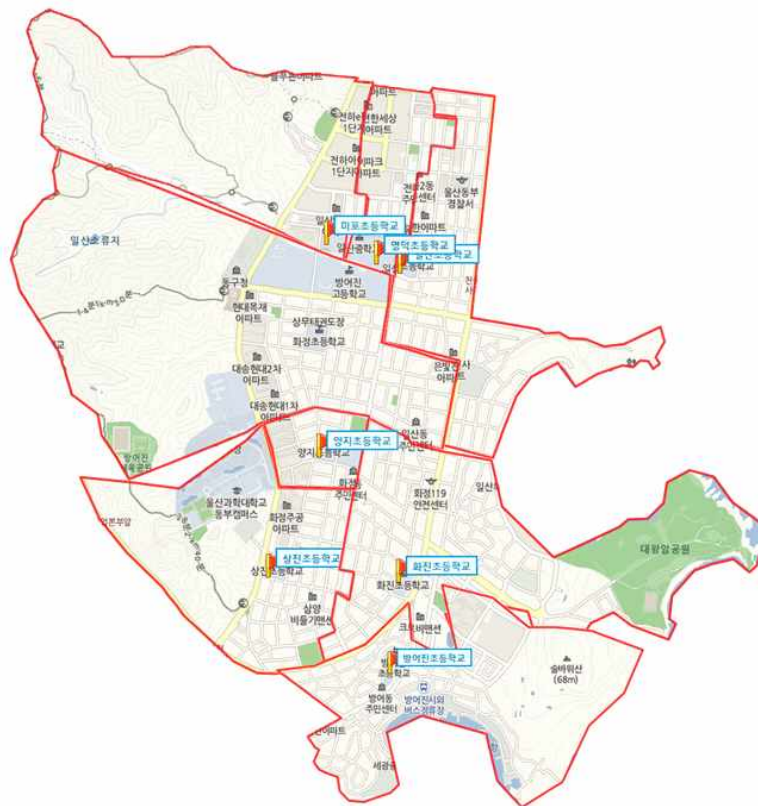


<그림 3-2 울산광역시 어린이 보행자 사고(좌)와 동구 어린이 보행자사고(우)>

- 초등학교의 밀집도와 어린이 보행자 교통사고 통계 자료를 바탕으로, 동구의 5개 동 (전하2동, 대송동, 일산동, 화정동, 방어동)이 분석 대상지로 선정되었고, 울산광역시 교육청에서 제공되는 초등학교 통학구역 자료를 바탕으로 인접한 곳에 위치한 8개 초등학교(미포초등학교, 명덕초등학교, 방어진초등학교, 상진초등학교, 양지초등학교, 일산초등학교, 화정초등학교, 화진초등학교)를 최종대상지로 선정하였음
- 2016년 7월 26일부터 교육청에서 학구도(통학구역)안내서비스를 시작함. 학구도는 초·중등교육법 시행령에 따른 제16조의 초등학교 통학구역과 제68조의 중학교 학교군·중학구, 제84조의 고등학교 학교군을 포괄하는 개념으로 지역별로 학교 상호간의 적정한 수용능력과 학생의 통학여건을 고려하여 교육감 또는 교육장이 설정 고시하는 도면을 총칭하는 것
- 학구도안내서비스(schoolzone.edumac.kr)에서는 전국의 초/중/고교에 대하여 통학구역, 공동통학구역, 학교군, 중학구, 공동학구에 대한 DB가 GIS 서비스로 오픈되므로 향후 인지도도 구축 시 통학구역에 대한 정보를 얻기에 용이하다고 생각됨



<그림 3-3 학구도 서비스 예시>



<그림 3-4 최종대상지 및 설문 시행학교>

나. 위험 인지 설문 조사

- 초등학교의 밀집도와 어린이 보행자 교통사고 통계 자료를 바탕으로 최종 대상지는 울산광역시 동구의 5개 동(전하2동, 대송동, 일산동, 화정동, 방어동)이 선정되었고, 그곳에 위치한 8개의 초등학교(미포초등학교, 명덕초등학교, 일산초등학교, 화정초등학교, 양지초등학교, 화진초등학교, 상진초등학교, 방어진초등학교)에서 사고위험 인지에 대한 설문조사를 시행함
- 어린이들의 통학로에서의 사고위험 인지를 조사하기 위해서 위험지역을 표시하는 지도는 각 학교별로 학군에 따라 배부하기로 결정. 지도를 올바르게 읽을 수 있을 것이라 판단되는 초등학교 5, 6학년 학생들을 대상으로 설문조사를 시행

<표 3-4 설문에 참여한 학교별 학생 수>

	6학년 (명)	5학년 (명)
미포초등학교	76	100
명덕초등학교	91	78
일산초등학교	62	57
화정초등학교	161	153
양지초등학교	73	78
상진초등학교	74	74
화진초등학교	65	57
방어진초등학교	61	58
합계	663	655

- 선생님들에게 관련 사항에 대한 프로토콜을 제공하여 설문조사지도에 도움을 주었고, 설문지는 등하곳길에 대한 초등학교생들의 전반적인 인식을 알아보는 설문문항과 학생들이 위험하다 느끼는 지역을 표시하는 지도로 구성됨
- 설문문항은 응답자에 대한 문항, 학생들의 등하교 패턴을 알 수 있는 아침 등교 관련 문항, 그리고 학생들이 자신의 통학로에서 느끼는 등하곳길의 위험성을 파악할 수 있는 등하곳길 위험성 관련 문항으로 이루어져 있음.
- 응답자에 대한 문항은 초등학교생들의 학년, 성별 그리고 교통사고 경험유무를 알 수 있는 문항으로 구성됨.
- 아침 등교 관련 문항은 학생들의 평소 등교 시간과 소요시간, 동행자 그리고 교통수

단(걸기, 자전거, 자동차, 버스, 기타)과 같은 등교패턴을 파악할 수 있는 문항으로 구성됨.

- 등하굣길 위험성 관련 문항은 학생들이 느끼는 전반적인 등하굣길에 대한 교통사고 위험정도를 파악할 수 있는 문항과 세부적으로 등하굣길의 위험정도를 알아 볼 수 있는 문항으로 구성됨. 등하굣길의 위험정도를 파악할 수 있는 문항은 선행연구들의 설문문항을 바탕으로 인도와 관련된 문항(인도의 폭, 인도의 연결성, 인도와 차도의 분리), 통행로에 있는 장애물(주차된 차량, 전봇대, 쓰레기 더미 등), 횡단보도, 신호등(유무, 파란 신호의 길이), 차도(이동하는 차량, 속도, 차도 폭) 등과 같이 통행로 주변의 물리적 환경을 중심으로 문항을 구성함
- 나눠준 지도에는 학생들의 평소 통학로 그리고 교통사고 위험 인지지역을 스티커로 표시하게 함. 학생들마다 교통사고 위험성에 대해 느끼는 정도가 다를 수 있기 때문에 위험이 매우 높다고 생각하는 곳에 빨간색 스티커를, 위험이 약간 높다고 생각되는 곳에 노란색 스티커를 붙이게 함.



<3-5 설문지에 첨부된 지도 예시>

3. 보행 환경 DB 구축

- 사고 위험에 대한 환경인지와 주의력은 도로환경 뿐만 아니라 도시환경에 대하여 복합적으로 영향을 받음. 즉, 인지되는 사고 위험과 실제 사고 빈도의 불일치 문제를 이해하기 위해서는 도로 환경의 일부 요인에 국한하기 보다는 건축물, 토지이용 그리고 밀도 등의 교통사고 주변지역에 대한 물리적 환경에 대한 자료를 바탕으로 통합적인 접근이 이루어져야 함
- 어린이 교통안전을 위한 사고 원인별 해결책을 찾기 위해서는 어린이 보행자 및 운전자의 위험 인지에 영향을 미치는 설계 요소가 객관적으로 도출되어야 하며, 사고 위험 인지에 영향을 미치는 요소는 물리적 환경에 대한 통합적인 이해를 바탕으로 정의되어야 함
- 본 연구에서는 어린이 보행자에 초점을 두고 물리적 환경을 평가하기 때문에 미국에서 실시하는 Safe Routes to School (SRTS) 프로그램에서 시행한 보행환경 평가표를 참고함. SRTS의 audit form은 학생들의 승하차 구간, 스쿨버스 지역, 인도와 자전거도로, 학교주변 교차로의 특징, 시야확보 그리고 차량의 속도 및 통행 제한을 파악할 수 있는지로 구성되어 있음
- Texas A&M University의 사람들이 Active Living Research San Diego, CA에서 발표한 School audit은 가로주변의 토지이용, 도로 안전 장비의 유무와 종류, 생활 편의 시설의 유무, 인도의 상태, 학생들의 승하차 구간, 학교 주변에 있는 울타리의 상태, 그리고 학교 주변의 토지이용 등의 항목으로 구성됨
- 위의 Texas 팀이 만든 School audit의 바탕이 되는 Pedestrian Environment Data Scan(PEDS)는 인도의 상태, 인도 위의 장애물, 가로주변 주차된 차량 유무, 차량 속도 제한 장치, 횡단보도 유무 그리고 기타 보행환경 등의 항목으로 구성됨
- Community walking and bicycling audit tool은 크게 토지이용, 보행환경, 교통환경 그리고 자전거 이용자들을 위한 환경을 평가할 수 있는 항목으로 구성되었으며, 서부호주 정부의 교통부서에서 실시한 Walkability audit tool은 크게 보도, 횡단시설, 가로 시설물, 차량 그리고 주변 편의 시설에 대한 평가를 할 수 있는 항목으로 구성됨

<표 3-5 외국의 보행환경평가표 예시들>

구분	내용
The Safe Routes of school	student drop-off area bus loading zones sidewalks and bicycle routes adjacent intersections(intersections near school property) sight distance(clear views between motorists and pedestrians)
School audit of Texas A&M University	Traffic calming devices Amenities Surveillance Maintenance of street & sidewalks Cleanliness of street & sidewalks Land use Frontage and main entry of school Drop-off/Pick-up area
Pedestrian Environment Data Scan (PEDS)	Environment Pedestrian facility Road attributes Walking/cycling environment
Community walking and bicycling audit tool	Land use environment Transportation environment Walking environment Bicycling environment Facilities & aesthetics
Walkability audit tool of Department of Transport in Western Australia	Overall impression Pathways Crossings Street furniture and Signage Personal Safety Adjacent Traffic Aesthetics and Amenities

Walking and Bicycling Audit Materials

Example School Site Audit Form

The following site audit should be conducted to help determine walking and bicycling conditions on/adjacent to school property. This audit will help the school to discover potential areas for design improvements and increased safety. Members of the School Traffic Safety Team and the Principal should complete the following audit during prime school hours in order to see how students get to and from school. Please take a map of the school grounds with you on the audit for orientation and note taking. If a map is unavailable, please construct one as you go to help you identify areas for improvements later on in the Safe Routes to School process.

Date: _____ Day: _____ Time: _____ Weather Conditions: _____

1. Student Drop-Off Areas

YES NO NA

- a. Are they designed so that students exiting or entering cars are protected from other vehicles?
- b. Do they have a continuous raised curb separating vehicles from pedestrians?
- c. Are there accessible curb ramps for wheelchair access?
- d. Do the ramps have tactile warning strips or textured concrete?
- e. Are there posted vehicular signs?
- f. Are there posted pedestrian signs?
- g. Is the area lighted?
- h. Does traffic seem to move freely without congestion and backup?
- i. Please describe additional problems within the student drop-off area in the space provided below.

2. Bus Loading Zones

YES NO NA

- a. Are bus driveways physically separated from pedestrian and bicycling routes by raised curbs or bollards?
- b. Are bus driveways physically separated from parent pick-up/drop-off areas?
- c. If the buses are "double-stacked" for drop-off/loading areas, are measures taken for safety of students needing to cross in front or behind the bus?
- d. Is traffic in the bus loading zone one-way?
- e. Does the bus zone meet the minimum width of 24' for drop-off/pull-out lanes?
- f. Is there a continuous curb and sidewalk adjacent to the drop-off/loading area leading into the school site?

64

<그림 3-6 The Safe Routes to School(SRTS)의 walking and bicycling audit>

Street Segment Audit

Audit info.

- Auditor info.
- Date, weather
- Start/end time
- Street name

Audit Items

- For objective observations

School Name: Andrews St. Date: Time started: ended: Weather: County: Auditor ID:

STREET SEGMENT 1: Northeast Dr.

Note:

Land use (check all that are immediately along the street segment)

Residential

- ☐ Single-family home
- ☐ Multifamily housing (e.g., apartment, condominium, duplex, duplex)
- ☐ Mobile home

Commercial

- ☐ Fast food restaurant
- ☐ Buffet restaurant
- ☐ Regular sit-down restaurant / lounge
- ☐ Supermarket / grocery store
- ☐ Convenience store with gas station
- ☐ Gas station with no convenience store
- ☐ Drug store / pharmacy (e.g., CVS)
- ☐ CO / OVI / other game store or rental
- ☐ Mail / utility mail / bag box retail (e.g., Wal-Mart, Target, etc.)
- ☐ Automobile all-in-one service (e.g., oil change, tire rotation, etc.)

Educational, Office & Services

- ☐ School / kindergarten / daycare center
- ☐ Police station
- ☐ Bank / post office
- ☐ Library
- ☐ Church / other religious institution
- ☐ Institutional teaching institution and religious (e.g., city hall, court, hospital)
- ☐ Office (e.g., dental clinic, law office, insurance office)

Recreational & Other

- ☐ Gym / fitness center / indoor playground
- ☐ Lane / row / stream / creek
- ☐ Forest / wooded area
- ☐ Public place / public square
- ☐ Other (e.g., park, school with check all that apply)

Other

- ☐ Other (e.g., park, school with check all that apply)

School zone

Is the segment designated as school zone?

- ☐ No ☐ Yes, partly ☐ Yes, entirely

Poised speed

- ☐ Home parked
- ☐ School zone
- ☐ When leaving
- ☐ During designated hours / days
- ☐ When children are present
- ☐ At all times

Street parking

- ☐ No ☐ Yes, one side ☐ Yes, both sides

Number of lanes (both directions)

If no marked lanes, estimate based on roadway width or driving behavior

- ☐ 0 ☐ 1-2 ☐ 3-4 ☐ 5-6 ☐ 7-8 ☐ 9-10 ☐ 11+

Number of driveways & street intersections (both sides)

- ☐ 0 ☐ 1-3 ☐ 4-10 ☐ 11+

One-way street

- ☐ No ☐ Yes → Indicate direction on this map sheet

Number of street lights (not traffic lights)

- ☐ 0 ☐ 1-3 ☐ 4-10 ☐ 11+

Traffic calming devices (check all that apply)

- ☐ Reduced speed sign (excluding school zone speed sign)
- ☐ Speed bump / hump
- ☐ Median island
- ☐ Roundabout
- ☐ Curb extension / bulb-out
- ☐ Flare / flare / pavement marking (e.g., pavement narrowing)
- ☐ Other

Amenity (check all that are immediately along the street, including school zone school buildings / entries and bus stop)

- ☐ Home
- ☐ Bench / seating
- ☐ Public trash can
- ☐ Other (e.g., public art, public telephone)

Signs visible (check all that apply)

- ☐ None
- ☐ Child safety / child crossing sign
- ☐ One-way / pedestrian or bicyclist friendly sign
- ☐ Community / cultural / religious / political message or event / historical marker
- ☐ Other watch / security warning / home security system (e.g., A/C)
- ☐ Beware of dog sign / road hazard sign
- ☐ Cell phone usage restriction sign
- ☐ Other

Unattractive items visible

- ☐ None
- ☐ Graffiti / broken bottles or cans
- ☐ Abandoned cars
- ☐ Abandoned cars
- ☐ Building with broken windows or other
- ☐ Containers, needles, syringes, or drugs
- ☐ Graffiti / broken bottles or cans
- ☐ Unattended money bags
- ☐ Other

Surveillance (how easily observed from the windows, porches, or gardens nearby)

Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer

Maintenance of gardens & buildings (how clean, well-kept, etc.)

Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer

Maintenance of streets & sidewalks (how free of cracks, holes, overgrown grass/weeds, etc.)

Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer

Condition of streets & sidewalks (how free of cracks, holes, broken glass, discarded items, etc.)

Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer

Overall visual quality

Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer

Safety in walking (for upper-year elementary school children)

Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer

Safety in bicycling (for upper-year elementary school children)

Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer

Attractiveness in walking

Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer

Attractiveness in bicycling

Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer Peer

MAP AUDIT ITEMS

- Sidewalk** ☐ No ☐ Yes →
- Informal footpath** (not part of formal sidewalk) ☐ No ☐ Yes →
- Landscaped buffer** ☐ No ☐ Yes →
- Drainage ditch** (along right side of the street) ☐ No ☐ Yes →
- Bike lane** (include bike routes) ☐ No ☐ Yes →
- Off-street traffic / paths** (for walking, jogging, cycling, etc.) ☐ No ☐ Yes →
- Bus stop** (include school & public bus) ☐ No ☐ Yes →
- Crosswalk** ☐ No ☐ Yes →
- Use** ☐ No ☐ Yes →

Reviewer Initial:

Segment Image

- Indicating each segment
- North up

Perceptions

Map Audit Indicators

- If related items present, go to Map Audit(s)

School Site Audit

Frontage

- Street facing
- Vehicular and pedestrian entries

Main entry

- Amenities around main entry

School Name: Andrews St. Date: Time started: ended: Weather: County: Auditor ID:

SCHOOL SITE

Note:

FRONTAGE

- Number of frontage streets** (streets directly adjacent to the school property):
- Number of all vehicular entries and exits from all frontage streets** (include drop-off bays and include service vehicle entries):
- Number of school bus only entries and exits** (include drop-off bays):
- Number of pedestrian-only entries and exits** (with direct walkway access from the street to school building entrance):
- School property adjacent / abutting to** (without streets separating) ☐ Home (surrounded by streets on all sides) ☐ No ☐ Yes

MAIN ENTRY (indicated in the map)

- Bike rack** ☐ No ☐ Yes
- Sidewalk / walkway connection** (at the way to school building entrance) ☐ No ☐ Yes
- Outdoor amenities nearby** (check all that apply)
 - ☐ Home
 - ☐ Bench / seating
 - ☐ Public trash can
 - ☐ Separated covered structure (e.g., garden)
 - ☐ Sculpture / art display
 - ☐ Vending machine
 - ☐ Water feature (e.g., pond, fountain)
 - ☐ Tall trees providing shade
 - ☐ Other

ON-SITE FACILITIES

Do NOT include Main Entry items that are already marked

- Recreational facilities** (check all that apply)
 - ☐ Playground equipment (e.g., swings)
 - ☐ Trail / path / jogging track
 - ☐ Basketball / tennis / volleyball court
 - ☐ Baseball / softball / soccer field
 - ☐ Open field with no facility / equipment
 - ☐ Outdoor swimming pool
 - ☐ Other
- Covered structure** (check all that apply)
 - ☐ Basketball or other sports court
 - ☐ Covered walkway
 - ☐ Canopy / pavilion
 - ☐ Other
- Vegetation**
 - Tall deciduous trees ☐ None ☐ A few / some ☐ Many
 - Tall evergreen trees ☐ None ☐ A few / some ☐ Many
 - Shrubbery ☐ None ☐ A few / some ☐ Many
 - Other landscaping (e.g., potted plants, flowers):
- Outdoor amenities on-site** (check all that apply)
 - ☐ Home
 - ☐ Bike rack
 - ☐ Bench / seating
 - ☐ Public trash can
 - ☐ Picnic table
 - ☐ School garden (e.g., vegetable / flower garden)
 - ☐ Bird sanctuary
 - ☐ Sculpture / art display
 - ☐ Vending machine
 - ☐ Water feature (e.g., pond, fountain)
 - ☐ Drinking water fountain
 - ☐ Other
- Fence transparency** (school fence visible from streets)
 - ☐ No fence
 - ☐ Not transparent at all
 - ☐ Partly transparent
 - ☐ Fully transparent

DROP-OFF / PICK-UP AREA

- Location of private car area**
 - ☐ No ☐ Yes, on-site ☐ Yes, off-site (along streets)
- Type of private car area** (if present)
 - ☐ Fully separated area with buffer
 - ☐ Additional designated lane along streets
 - ☐ Existing lane dedicated for drop-off / pick-up during designated hours
 - ☐ Temporary street closure during designated hours
- Capacity of private car area** (if present) (see length, excluding sidewalks)
 - ☐ 1-2 cars ☐ 3-5 cars ☐ 6-10 cars ☐ 11+ cars
- Location of school bus only area**
 - ☐ No ☐ Yes, on-site ☐ Yes, off-site (along streets)

Reviewer Initial:

School Site Image

- Indicating School site and property line
- Main entry

On-site facilities

- Physical features
- Amenities, etc.

D/P Area

- Location, types, and capacity

<그림 3-7 School audit of Texas A&M University>

- 사고 위험 인지에 영향을 미치는 물리적 환경요소에 대한 이해를 위하여 이미 실시된 보행환경평가표를 참고하여 울산광역시 동구 지역에 맞는 보행 환경 평가표를 제작함
- 물리적 환경요소 외에 학생들의 행태를 고려하기 위하여 주변 토지이용과 학생 이용 시설에 대한 문항도 추가되었음. 등하교시간 통학로에서 어린이들의 행태는 단순한 보행에 그치는 것이 아니라 놀이, 대화, 기다림, 구매 등으로 다양하게 나타남 (김현숙, 2003). 특히 문구점 앞은 언제나 혼잡하며, 하교시 학원으로 향하는 행태를 보이므로, 학생들이 많이 다니고 익숙한 시설들을 학생이용시설(학원, 문구점, 분식집)로 분류하여 자료를 수집함
- 공간적 스케일을 가로(segment)단위와 교차로(intersection)단위로 나누었고, 각 공간적 특성에 맞게 보행환경 평가표를 제작하였음
- 가로(segment) 단위에서는 크게 보도, 토지이용, 표지판, 횡단시설 그리고 차도의 특징을 파악할 수 있는 항목으로 구성되었으며, 교차로(intersection) 단위에서는 위 항목을 포함하고, 그 외에 시야(visibility)와 건물 입구 개수(entrance)가 추가되었음

<표 3-6 segment 단위의 audit>

Physical characteristics		Land use characteristics	
보도의 유무 Presence of sidewalk	양쪽에 있다 both side	주거시설 residential area	아파트, 단독주택, 주상복합 등 주거지라 판단할 수 있는 건물 apartment, single house, residential-commercial complex etc.
	한쪽에 있다 one side		
	없다 none		
보도의 연결성 connectivity	연결되어 있다 yes	공공시설 public facilities	우체국, 종교시설, 기타 비영리단체 post office, religious facilities
	연결되어있지 않다 no		
울타리의 유무 presence of fence	보도에 울타리가 50% 이상 설치되어 있다 the sidewalk is filled with fence over 50%	교통시설 traffic facilities	주차장, 버스터미널 등 parking lot, bus terminal
	울타리가 존재하지 않는다 no fence	자연환경 nature environment	산, 바다 mountain, sea
보도 폭	한 사람만 걸을 수 있다	학생 이용	설문대상인 초등학생들이

width of sidewalk (estimated by how many people can walk simultaneously)	one person	시설 student using facilities	자주 방문하게 되는 시설들 학원, 문구점, 분식집 academy, stationery, snack bar etc.
	2~3명이 동시에 걸을 수 있다 two or three people		
	4명 이상 동시에 걸을 수 있다 over four people		
버스정류장 presence of bus stop	있다/없다 yes/no	상업시설 commercial facilities	은행, 시장, 식당, 병원, 기타 상업시설 bank, market, restaurant, hospital, etc.
표지판 presence of sign	있다/없다 yes/no (sign is related with the speed reduction measure or pedestrian)		
횡단보도 presence of crosswalk	있다/없다 yes/no	학교 school	초등학교, 중학교, 고등학교, 어린이집, 유치원 elementary school, middle school, high school, kindergarten
신호등 presence of traffic signal	있다/없다 yes/no		
갓길주차 street parking	양쪽에 주차되어 있다 both side	공원/놀이터 park /playground	아파트 단지 내에 있는 놀이터를 제외한 공원/놀이터 park and playground except located in the apartment complex one
	한쪽에 주차되어 있다 one side		
	주차되어있지 않다 none		
노면감속표시 speed reduction sign on the road	있다/없다 yes/no		

- 통학구역 내에 존재하는 모든 가로와 교차로에 고유의 ID를 부여하였고, SGIS(통계지리정보서비스)에서 제공받은 도로중심선 레이어를 가공하여 ArcGIS 10.2에서 가로(segment) 단위의 SHP 파일과 교차로(intersection) 단위의 SHP 파일을 제작하였음. 대상지인 통학구역 내에서 총 896개의 가로와 546개의 교차로가 정의됨

- 차도 폭은 SGIS에서 제공받은 CAD 파일을 SHP 파일로 변환하여 수치를 얻었으며, 차도 폭을 제외한 나머지 항목들은 조사기준 및 방법에 대한 교육을 받은 대학원생 2명이 네이버 지도(map.naver.com)에서 제공되는 2013년 2월에 촬영된 거리뷰 시스템을 통해 측정함
- 인구밀도 및 학생밀도는 SGIS에서 제공되는 2010 집계구 데이터를 바탕으로 산출되었으며, 가로밀도는 도로중심선 레이어의 도로 길이 데이터를 사용하여 집계구별 가로밀도를 산출한 뒤 해당 교차로에 값을 부여하였음

4. 사고 DB 구축

- 공간적 양상 분석 및 사고 발생에 미치는 요인 분석을 위해 교통사고 발생 위치 자료가 필요했으나 이는 현재 경찰청의 전자지도 개발 미완으로 정보 공개가 불가능한 상태이므로, 교통사고 통계 자료를 제공하는 기관들 TAAS(교통사고분석시스템), TMACS(교통안전정보관리시스템), UTIS(중앙교통정보센터)에서 받을 수 있는 자료들을 조합하여 대략적인 공간적 양상을 살펴보고, 최종적으로 TMACS에서 제공되는 사고 다발지점 자료를 바탕으로 대상지에 대하여 각 교차로 내에 발생한 사고 숫자를 정리함

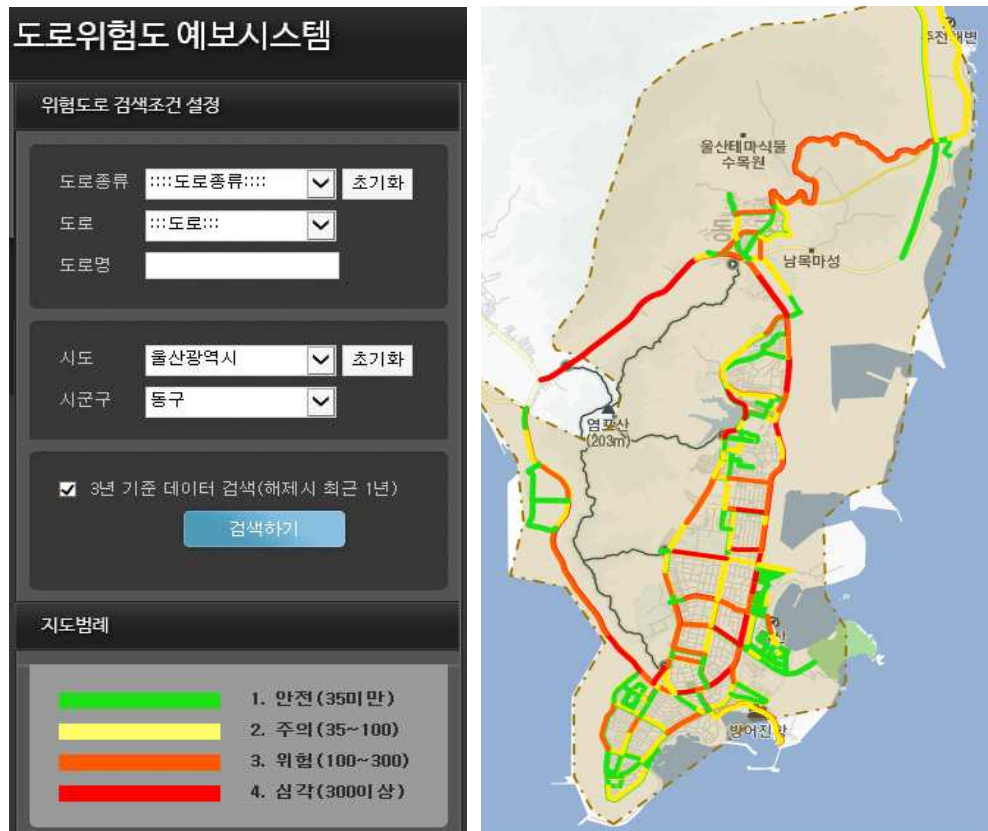
가. TAAS (교통사고분석시스템)

- 도로교통공단은 교통안전정보관리체계의 일환으로써 교통사고 관련 정보를 통합적으로 유지, 관리할 목적으로 TAAS(교통사고분석시스템, taas.koroad.or.kr)을 운영. 이는 기존의 경찰청, 보험사, 공제조합에서 각기 분산, 관리되던 교통사고에 관한 정보를 통합한 것으로, 통합 DB와 교통사고 통계, 교통사고 GIS 자료를 제공함



<그림 3-8 TAAS 교통사고분석시스템 홈페이지 메인 화면>

- TAAS에서 제공되는 자료 중 본 연구에서는 대략적인 사고위험을 측정하기 위해 위험도로예보시스템을 이용함. 경찰에서 조사한 교통사고와 도로교통공단의 교통사고 정보를 통합한 전체 교통사고 정보를 도로, 날씨, 소통량, 속도, 시간대로 위험도를 분석하였으며, 최근 3년(2012~2014년)의 교통사고 데이터를 바탕으로 EPDO(Equivalent Property Damage Only) 통계 분석 기법에 따라 피해를 물자로 환산, 계산하여 최종적으로 안전, 주의, 위험, 심각으로 표현.



< 그림 3-9 TAAS에서 제공하는 도로위험도 예보시스템 - 울산광역시 동구>

- 검색한 위험도로의 교통사고 자료를 엑셀 파일로 제공. 도로 링크 ID가 있어 차후 GIS shp 파일로 가공이 용이하며, 각 도로의 위험도(EPDO 값), 위험등급(안전, 주의, 위험, 심각), 도로명, 도로길이(m), 차선수(편도), 사고건수, 사망자수, 중상자수, 경상자수, 부상신고자수, 도로의 제한속도(km/h)가 제공됨.

● 위험도로현황

링크 ID	위험도	위험등급	시도	시군구	읍면동	도로명	도로길이(m)	차선수(편도)	사고건수	사망자수	중상자수	경상자수	부상신고자수	EPDO 값
1940031300	0	1	울산광역시	동구	전하동	전하5길	108	1	0	0	0	0	0	0
1940047300	0	1	울산광역시	동구	방어동	현대미포조선앞길	439	1	0	0	0	0	0	0
1940004000	44	2	울산광역시	동구	방어동	화문로	412	1	6	0	1	5	0	42
1940008400	181	3	울산광역시	동구	방어동	방어진순환도로	124	2	9	0	4	7	1	143

<그림 3-10 TAAS에서 제공하는 위험도로현황 표 - 울산광역시 동구>

나. TMACS (교통안전정보관리시스템)

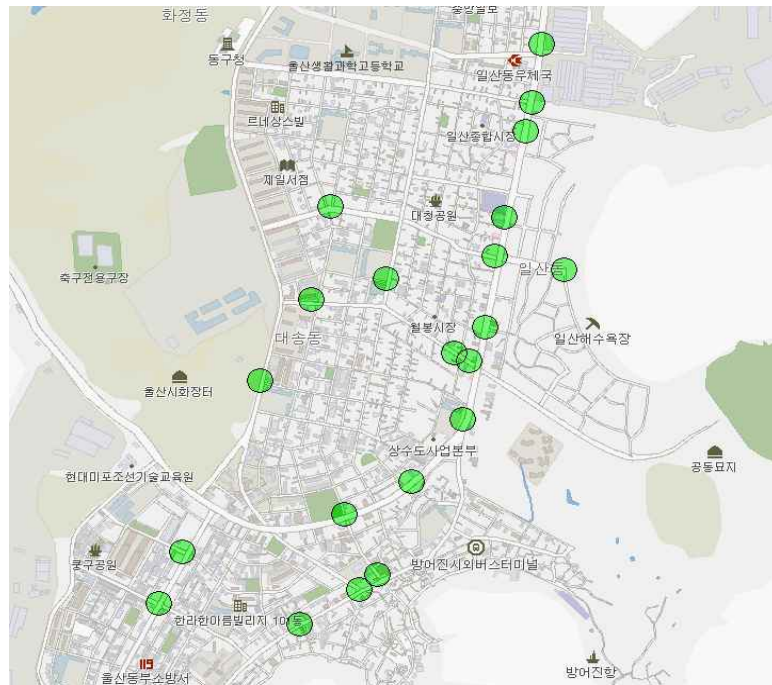
- 교통안전공단은 교통사고 관련자료 등을 수집·취합하여 관리하고 이를 토대로 교통사고 원인분석 정보 등 다양한 교통안전 콘텐츠를 개발하여 공유함으로써 교통사고 예방 및 재발방지에 필요한 정보 제공을 통해 교통안전과 교통복지 관련 정책 수립에 활용할 수 있도록 TMACS(교통안전정보관리시스템, tmacs.ts2020.kr)을 운영



<그림 3-11 TMACS(교통안전정보관리시스템) 홈페이지 메인 화면 >

- 본 연구에서는 TMACS에서 제공하는 GIS 정보서비스 중 지자체별 과거 3년간(기준년도 포함) 50m 반경 내에서 교통사고 누적발생건수가 많은 상위 30개 지점의 정보를 제공하는 사고누적지점 검색을 활용함. 2007년부터 2014년까지의 사고 자료를 구축.
- 사고다발지점, 교통약자 다발지점, 대형/중대사고 다발지점, 기상상태별 사고다발지점이 검색 가능하며, 그 중 교통약자 다발지점은 고령자/어린이/보행자/자전거로 구분됨. 본 연구와 관련된 사고 자료인 어린이와 보행자 사고를 검색하여 자료를 구축함
- 상위 30개 지점의 위치와, 각 지점에서의 사고발생 건수, 사망건수, 중상건수, 경상건수, 부상건수, 사고다발도, 심각도, 주요사고유형이 제공되며, 사고 상세 사고구조분석표를 통해 각각의 사고 발생 날짜, 시각, 사고등급, 기상상태, 일광상태, 사고유형, 법

규위반의 정보가 엑셀 파일로 제공됨



지점명	사고건수	시명건수	중상건수	경상건수	부상건수	다발도	심각도	통합지수	주요사고유형
1. 등대사거리(화진초 북쪽)	9	2	4	3	0	1.53	1.70	1.63	횡단중
2. 화정공원 사거리(서쪽)	10	0	4	6	0	1.07	1.07	1.07	차대사람-기타
3. 만산삼거리(신광그린파크 앞)	6	0	4	2	0	.80	1.10	.98	횡단중
4. 해피랜드아파트 앞 교차로	8	0	4	4	0	.93	.93	.93	횡단중
5. 오지별삼거리(동울산우체국)	4	0	2	2	0	.47	1.20	.91	횡단중
6. 일산해수욕장사거리(일산동주민센터 부근)	7	0	4	3	0	.87	.87	.87	차대사람-기타
7. 전쟁마을앞교차로(전하아파트)	5	0	5	0	0	.83	.83	.83	횡단중
8. 만덕사거리(테라스파크 앞)	3	2	1	0	0	.83	.83	.83	횡단중
9. 울산과학대후문 앞 교차로	8	0	2	6	0	.73	.90	.83	차대사람-기타
10. 남복삼거리(남복중 부근)	5	0	4	1	0	.73	.87	.81	횡단중

<그림 3-12 보행자 사고다발지역 GIS 지도 검색 결과(상)과 사고취약지 점목록(하) >

- 본 연구에서는 위에서 시행한 street audit의 공간적 스케일에 따라, 각 교차로의 15m 반경 내에서 발생한 사고 자료를 구축함. 7년 동안 대상지의 546개 교차로 내에서 발생한 보행자 교통사고는 총 217건으로 집계됨

다. UTIS (중앙교통정보센터)

- UTIS(중앙교통정보센터, www.utis.go.kr)는 ITS(지능형교통체계)부분 투자계획의 일환으로 국가차원의 교통정보 활성화를 위해 계획되었으며, 2015년부터 국가중점 데이터 개방 계획에 따라 교통소통정보, 교통돌발정보, CCTV영상정보, 교통안전정보를 제공하고 있음
- 교통안전정보에서 어린이 보행자 교통사고 지점을 지도상에서 검색할 수 있고, 각 지점의 주소와 발생일시가 제공됨



<그림 3-13 UTIS에서 제공하는 어린이보행자 사고자료>

<표 3-7 교통사고 자료 출처 및 내용>

구분	관할기관	제공되는 자료	내용	홈페이지 주소
TAAS 교통사고 분석시스템	도로교통공 단	도로별 위험도 2012-2014(최근3 년) 엑셀 파일로 제공	행정동, 도로이름, 도로길이, 차선수, 사고건수, 사망자수, 중상자수, 경상자수, 부상신고자수, 도로위험도, 제한속도 법정동 코드, 50m반경 내 사고 발생 숫자, 년도, 월, 요일, 시각, 사고등급, 사망자수, 중상자수, 경상자수, 부상자수, 1당 운전자 정보, 사고형태, 기상상태, 일광상태(심야/주간), 사고유형, 법규위반	taas.koroad.or .kr
TMACS 교통안전정보 관리시스템	교통안전공 단	보행자사고 다발지역 2007-2014 (상위 30개 지점) 엑셀 파일로 제공	법정동 코드, XY 좌표, 50m반경 내 사고 발생 숫자, 년도, 월, 요일, 시각, 사고등급, 사망자수, 중상자수, 경상자수, 부상자수, 1당 운전자 정보, 사고형태, 기상상태, 일광상태(심야/주간), 사고유형, 법규위반	tmacs.ts2020.k r
		어린이사고 다발지역 2007-2014 (상위 30개 지점) 엑셀 파일로 제공	법정동 코드, XY 좌표, 50m반경 내 사고 발생 숫자, 년도, 월, 요일, 시각, 사고등급, 사망자수, 중상자수, 경상자수, 부상자수, 1당 운전자 정보, 사고형태, 기상상태, 일광상태(심야/주간), 사고유형, 법규위반	
UTIS 중앙교통 정보센터	도로교통공 단	보행자별(어린이/ 노인/장애인/기타) 사고데이터 전자지도 상에 표시된 형태로 제공	대략적 위치(지도상에 표시), 주소, 발생일시, 사고유형, 사망자수, 중상자수, 경상자수, 부상신고자수	www.utis.go.kr

제2절 인지도도 개발 및 설계기법 제안

1. 어린이보행자의 사고위험 인지조사를 통한 교통안전인지지도 구축 체계 수립

- 울산광역시 동구의 8개 초등학교 통학구역을 대상으로 5, 6학년 학생들의 교통사고 위험 인지 지도를 구축하였으며 인지지도 구축 프로토콜은 다음과 같음
- 우리나라의 경우 학생들의 집 주소에 따라 초등학교 통학구역이 설정되므로, 울산광역시 교육청에서 제공되는 초등학교 통학구역 지도를 참고하여 인지지도를 만들고자 하는 대상 초등학교를 선정함. 본 연구에서는 울산광역시 동구에 위치한 서로 인접하여 있는 8개 초등학교를 사고위험 인지조사 대상 학교로 선정하였음



<그림 3-14 대상 학교 통학구역>

- 사고위험 인지조사 용으로 제작된 지도는 각 학교의 통학구역만을 포함하고 있으며, 초등학생들이 위치와 방향을 인지하기에 용이하도록 주요 건물들의 이름이 명시되어 있음. 버스정류장과 횡단보도가 표시된 스케일의 네이버 지도(map.naver.com)를 사용함
- 각 학급의 담임선생님들의 지도아래 학생들이 직접 자신들의 통학로(집에서 학교까지

아침에 등교하는 경로)와 사고 위험이 있다고 생각되는 지점을 표시하도록 하였으며, 일주일 내에 모든 학교에서 동시에 설문이 진행될 수 있도록 하였음 (2015년 7월)



<그림 3-15 학생 설문 응답지의 예>

- 지도 위에 직접 표시하는 것뿐만 아니라, 학생들이 길을 걸을 때 어떤 요소에서 불안함을 느끼는지 알아보기 위한 설문 문항들도 있었으며 다음 그림과 같이 불안함을 느끼는 정도를 표시하도록 함
- 설문 문항은 13개로 구성되어 있으며 10-12는 sidewalk condition, 13-15는 visibility, 16-18은 횡단특성, 19-21은 traffic condition에 대하여 질의하였으며, 22번 항목은 조명에 대한 내용임
- 설문에 대한 응답은 Likert scale을 사용하였으며, 각 dimension에 대한 응답의 평균값을 이용하여 분석하였음
- 설문 응답 내용은 학교와 학생에 고유 번호를 부여하여 정리하였고, 총 1,262부가 완료됨. 그 중, 모든 설문 문항에 성실히 대답하고 지도에 통학로와 위험 인지 지점을 모두 표기한 799명의 자료만을 인지도도 구축에 사용하였음
- 가로와 교차로 단위로 위험 인지를 파악하기 위해서 ArcGIS 10.2를 이용하여 통학로 내에 존재하는 모든 가로와 교차로에 고유의 ID를 부여하였고, 학생들이 표시한 위험 지점은 SGIS에서 제공받은 도로중심선 레이어와 빌딩 레이어 파일을 베이스맵으로 두고 ArcGIS 상에 직접 점을 찍어 구현하여 이를 SHP 파일로 가공함. 총 896개의 가

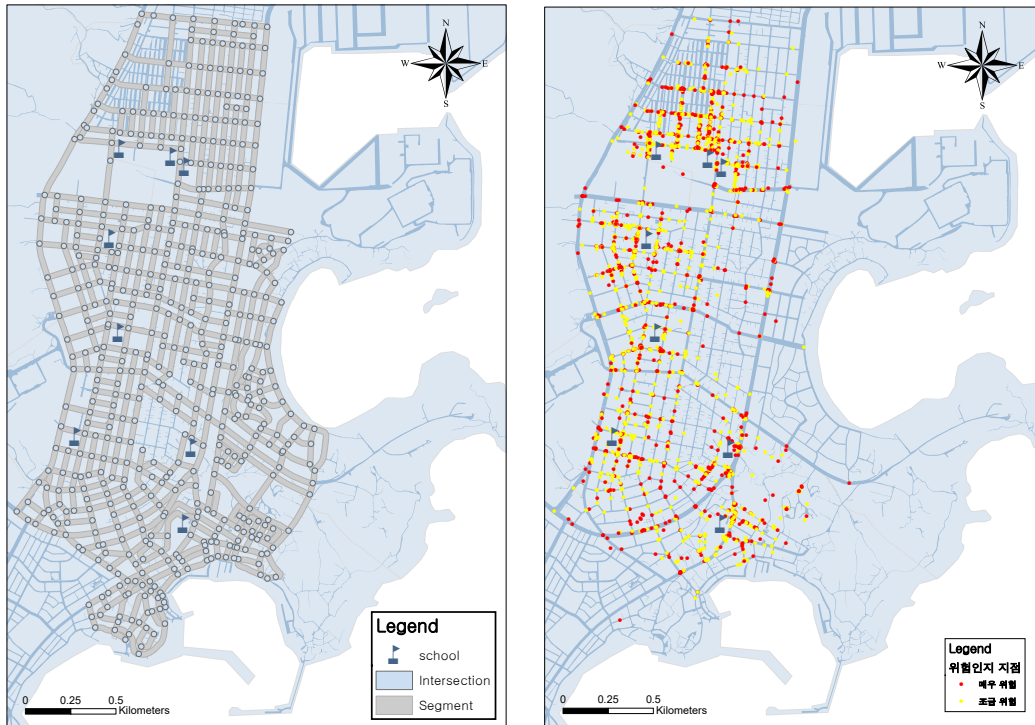
로와 546개의 교차로가 정의됨

※ 10번 문항부터 22번 문항까지는 등·하굣길에서 느끼는 불안함을 알아보기 위한 것입니다.

	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	매우 그렇지 않다
10. 인도 폭이 좁아서 걸을 때 불안함을 느낀다.	①	②	③	④	⑤
11. 인도가 끊겨 있어서 걸을 때 불안함을 느낀다.	①	②	③	④	⑤
12. 인도와 차도가 분리되어 있지 않아서 걸을 때 불안함을 느낀다.	①	②	③	④	⑤
13. 주차된 차로 인해 이동하는 차를 보지 못하여 불안함을 느낀다.	①	②	③	④	⑤
14. 쌓여진 쓰레기 더미로 인해 이동하는 차를 보지 못하여 불안함을 느낀다.	①	②	③	④	⑤
15. 커다란 전봇대로 인해 이동하는 차를 보지 못하여 불안함을 느낀다.	①	②	③	④	⑤
16. 신호등이 없어서 길을 건널 때 불안함을 느낀다.	①	②	③	④	⑤
17. 학교주변 신호등의 파란 신호는 길을 건너기에 부족한 시간이다.	①	②	③	④	⑤
18. 횡단보도가 없어서 길을 건널 때 불안함을 느낀다.	①	②	③	④	⑤
19. 이동하는 차가 많아서 걸을 때 불안함을 느낀다.	①	②	③	④	⑤
20. 빠르게 이동하는 차로 인해 걸을 때 불안함을 느낀다.	①	②	③	④	⑤
21. 차도 폭이 넓어서 걸을 때 불안함을 느낀다.	①	②	③	④	⑤
22. 어두운 곳이 많아서 걸을 때 불안함을 느낀다.	①	②	③	④	⑤

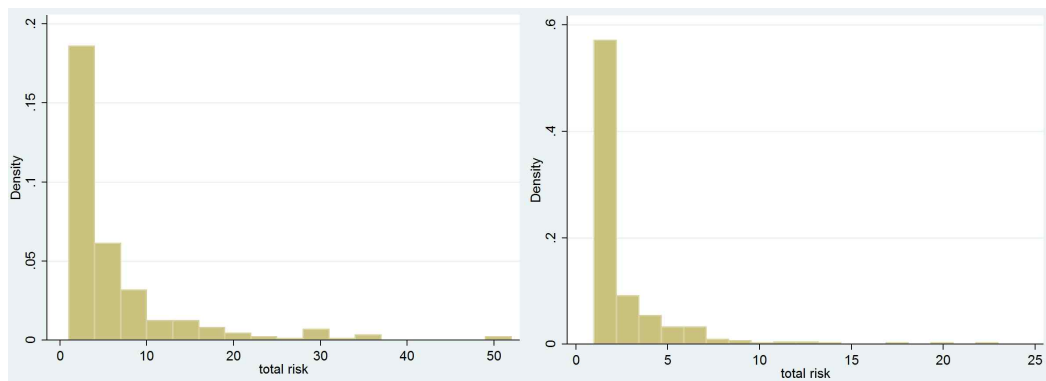
<그림 3-16 설문 문항>

- 표기된 위험 지점은 총 2,621개로 집계되었으며, 응답을 받을시 매우 위험하다고 생각하는 지점과 그보다 덜 위험하다고 생각하는 지점을 따로 표기하게 하여, 각 포인트에 위험의 크기(매우 위험 - 2, 조금 위험 - 1)를 부여하였음



<그림 3-17 segment, intersection map / 위험 인지지점 표기 map>

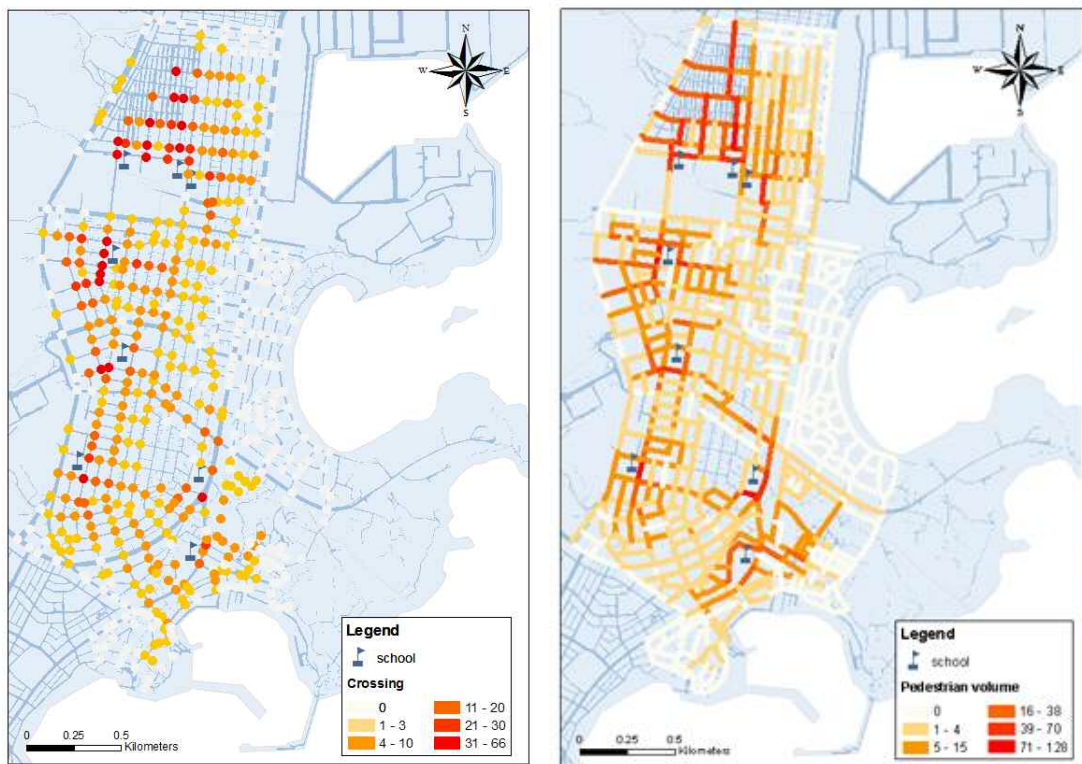
- 학생들이 표기한 통학로에 해당하는 가로의 ID들을 기록하여, 지도에 선으로 표시되어 있던 통학로를 코드화하였고, 이 과정을 통해 각 학생들의 통학로가 가로 ID의 나열로 데이터가 가공됨. 마찬가지로 학생들이 지나가게 된 교차로에 대한 데이터도 구축함



<그림 3-18 crossing - 교차로 / 가로 단위>

- 가로 단위와 교차로 단위로 인지도도를 구현하기 위하여 도로중심선 및 교차로 중심으로부터 15m 버퍼를 적용하여 각 버퍼 내에 포함되는 위험지점의 수를 집계함. 교차로에서 위험 인지가 제일 높은 곳의 risk point는 52개로 집계되었으며, 총 294개 (53.8%)의 교차로에서 1개 이상의 risk point가 표시되었음. 가로의 경우, 제일 위험 인지가 높은 곳의 risk point가 24개로 집계되었고, 총 351개(39.2%)의 가로에서 1개

이상의 risk point가 표시됨



<그림 3-19 위험인지 histogram 교차로(좌) 가로(우) >

- 각 가로와 교차로에 대하여 학생들이 지나간 횟수를 부여하고 이를 통계적으로 제어 (control)하여 ArcGIS10.2를 통해 교차로와 가로 단위의 인지도도를 구현하였음



<그림 3-20 위험인지 지도 제작 매뉴얼 >

2. 인지 지도 분석을 통한 인지위험 및 실제 위험 결정요인 분석

- 보행환경평가, 실제 사고자료 및 구축된 인지지도를 바탕으로 학생들의 위험 인지 및 실제 사고에 영향을 미치는 요인을 분석하여 어린이 통학안전을 위한 사고 저감 설계기법을 제안함
- 실제 사고, 또는 학생들의 위험인지에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 가로 단위와 교차로 단위로 보행환경평가를 실시하였음. 본 연구에서 구축한 보행환경평가표는 선행 연구들에서 사용된 항목들과 외국에서 시행되고 있는 보행환경평가표를 참고하여 작성하였으며, 우리나라 어린이들의 행태에 맞게 필요한 항목들을 추가하였음
- 교차로 주변 인구학적인 항목들(집계구 인구밀도, 집계구 종사자밀도, 집계구 도로밀도, 집계구 초등학교 재학생 밀도), 도로의 특징(교차로에서 교차하는 도로 중 제일 넓은 도로의 너비, 교차로에서 교차하는 도로 중 제일 좁은 도로의 너비, 차량 신호기 여부, 횡단보도 개수, 횡단보도의 신호기 개수, 신호기가 없는 횡단보도의 개수),

토지이용 특징(주거시설, 학생이용시설-문구점/학원/분식점, 공공시설, 공원/놀이터, 주차장, 상업시설, 자연환경, 학교), 속도 저감 시설(빨간 노면표시 여부, 속도제한 표시 여부, hump 여부, 스쿨존 표시 여부), 시야확보, 교차로에 위치한 건물의 1층부 입구 개수, 버스정류장, 차량 진출입구 개수가 1차적으로 조사되었으며, 최종 분석에 사용된 보행환경 특성들은 다음 표와 같음

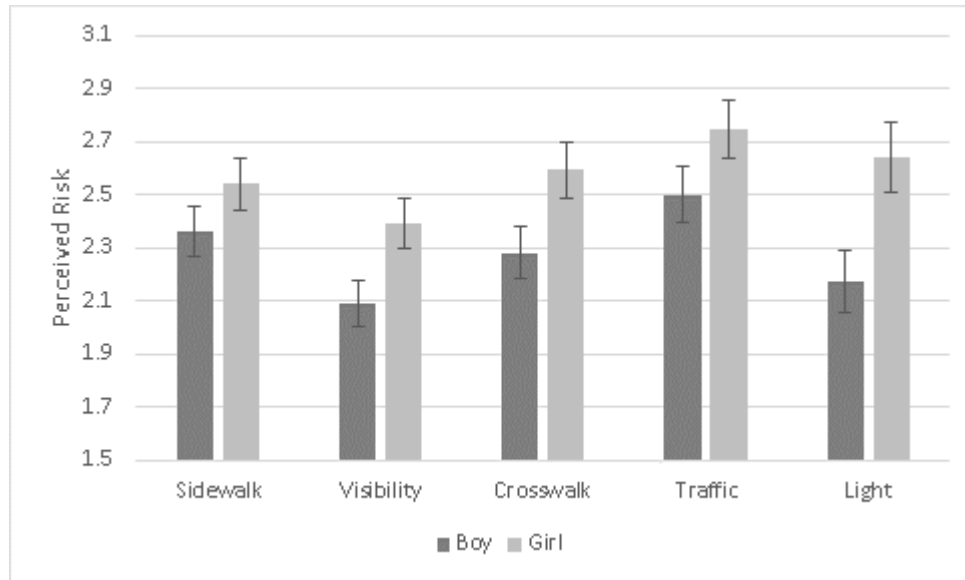
<표 3-8 최종 분석에 사용된 보행환경 특성들>

보행 환경 변수	변수 특성 설명
Exposure variables	
보행량 Crossing	학생들의 통학로 조사를 바탕으로 하여 각 교차로를 건너는 횟수로 정의 Estimated number of daily crossing at the intersection
인구밀도 Population Density	각 교차로가 속한 집계구의 인구밀도(2010) Population density of 2010
차도밀도 Street Density	각 교차로가 속한 집계구의 차도밀도 Street density of census block
Familiarity	
공원 / 유치원 Parks and playgrounds	교차로에 연결된 도로의 공원 및 유치원의 유무 Number of pedestrian approaches with parks and playground
학생 이용 시설 Student-friendly facilities	교차로에 연결된 도로의 학생 이용 시설(학원, 분식집, 문구점)의 유무 Number of pedestrian approaches with student-friendly facilities
Road infrastructure variables	
보도개수 Sidewalk	교차로에 연결된 도로에 설치된 보도의 개수 Number of pedestrian approaches with sidewalks
횡단보도개수 Crosswalk	교차로에 설치된 횡단보도의 개수 Total number of marked crosswalks
도로의 최대너비 MaxWidth	교차로에 연결된 도로 중 제일 넓은 도로의 너비 Maximum width of the road approaching to the intersection
도로의 너비차이 WidthDifference	교차로에 연결된 도로 중 제일 넓은 도로와 제일 좁은 도로의 너비 차이 Width difference between two intersecting roads
교차로 형태 Approach	교차하는 도로의 개수 Total number of legs at the intersection
Traffic calming measures and traffic signs	

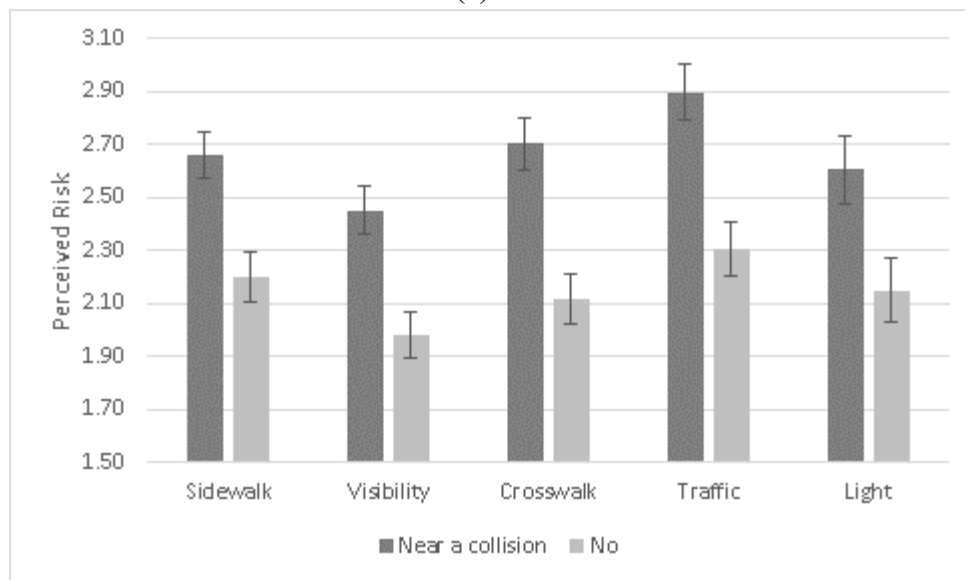
빨간 노면 표시	교차로 주변에 빨간 노면 표시가 있는지 여부
Pavement	Intersection with red-colored pavement(yes=1,no=0)
과속방지턱	교차로 주변에 과속방지턱이 있는지 여부
Speedhump	Intersection with speed hump(yes=1,no=0)
스쿨존 표시	교차로 주변에 스쿨존 표시가 되어있는지 여부
Schoolzone	Intersection with schoolzone sign(yes=1,no=0)
Building at intersections	
시야	보행자가 교차로를 지날 때, 교차로에 다가오는 차량의 움직임을 파악할 수 있는 정도(시야)를 나타낸 지표
Visibility	Proportion of pedestrian approaches from which pedestrians are able to observe incoming vehicles at an intersection.
건물 1층부 입구	교차로를 향하여 설치되어 있는 건물 1층부의 입구 개수
Entrance	Total number of building entrances at pedestrian level
Building use variables	
주거시설	교차로에 연결된 도로의 주거 시설 유무
Residential	Presence of residential use(yes=1,no=0)
공공시설	교차로에 연결된 도로의 공공 시설 유무
Public	Presence of public use(yes=1,no=0)
공원	교차로에 연결된 도로의 공원 유무
Park	Presence of park(yes=1,no=0)
상업시설	교차로에 연결된 도로의 상업 시설 유무
Commercial	Presence of commercial use(yes=1,no=0)

- 시야(visibility)는 교차로로 접근하는 모든 가능한 보도통행 수에 대하여 교차로에 다가오는 차량의 움직임을 충분히 파악할 수 있는 시야가 확보되는 보도통행 수의 비율을 나타내는 지표로, 시야 확보의 기준은 장애물의 유무와 건물 및 담장의 유무, 그리고 보도의 폭이 충분히 넓은가를 바탕으로 정의하였음
- 건물 1층부 입구 개수는 보행자가 각 교차로를 통행할 때 보행자의 목적성, 길과 보행자의 상호작용을 나타내줄 수 있는 지표로, 건물 1층부 입구의 개수가 적은 곳과 많은 곳의 보행자 및 운전자의 통행 행태가 다를 것으로 가정하여 조사함
- 보행환경평가에 따라 교차로의 물리적 특성 및 환경적 특성, 그리고 위험인지도와 학생들의 보행량(crossing)을 각 교차로에 부여하여 DB화 하였고, 이를 바탕으로 사고위험 인지도와 보행환경, 그리고 실제 사고 자료와 보행환경의 실증분석을 수행함
- 우선 설문조사를 통해 Likert scale(1: 매우 그렇다 - 5: 매우 그렇지 않다)로 학생들이 등하굣길의 어떠한 물리적 특성에서 위험 인지도가 높아지는지를 알아보았고, 각 요소별 평균을 산출하였음

- 학생들이 가장 위험하다고 느끼는 요소는 높은 교통량과 차량의 빠른 속도였으며, 보도의 상태와 시야 확보, 횡단보도와 교통 상태에 대하여 남학생들의 위험 인지가 더 낮게 나타났고, 같은 항목들에 대하여 사고를 당할뻔 한 경험이 있다고 응답한 학생들의 위험 인지도가 높게 나타났음



(a)



(b)

<그림 3-21 성별(a) 및 사고경험유무(b)에 따른 위험 인지 차이 >

- 학생들의 사고 위험 인지에 영향을 미치는 보행 환경 요인을 분석하기 위하여, 각 교차로에 집계된 위험 인지도와 audit을 완료한 보행 환경 요인들을 연결시켜 DB화함
- 분석 툴은 STATA 13을 사용하였으며, 사고 데이터라는 특성을 고려하여 Negative binomial regression model을 사용하였고, 위험인지도가 전혀 표기되지 않은 교차로가 절반을 차지하는 점을 고려하여 Zero-inflated negative binomial regression model 또한 분석에 사용함
- 분석 결과, 보행량(crossing), 인구 밀도(population density), 차도 밀도(street density), 학생 이용 시설(Student-friendly facility), 횡단보도(crosswalk), 최대 너비(Max width), 차도 너비의 차이(Width difference), 스쿨존 표시 여부(schoolzone), 시야(visibility), 건물 1층부 입구(entrance)가 통계적으로 유의미한 보행 환경 변수로 도출되었음
- Negative binomial regression model (NB model)에서는 exposure variable인 보행량(crossing), 인구 밀도(population density), 차도 밀도(street density)와 학생 이용 시설(student-friendly facility), 횡단보도(crosswalk), 최대 너비(Max width), 스쿨존 표시 여부(schoolzone), 건물 1층부 입구(entrance)가 양의 상관관계를 보였으며, 교차로에서의 시야가 많이 확보될수록, 그리고 교차로로 모여드는 차로의 최대 너비와 최소 너비의 차이가 클수록 학생들의 위험 인지도가 낮게 도출되었음
- Zero-inflated negative binomial regression model (ZINB model)은 집계된 위험 인지도가 0인 교차로 그룹과 0이 아닌 교차로 그룹으로 나누어 분석을 진행하며, 분석결과 보행량(crossing), 학생 이용 시설(student-friendly facility), 횡단보도(crosswalk), 교차로 형태(approach), 스쿨존 표시 여부(schoolzone), 시야(visibility)가 유의미한 보행 환경 변수들로 추출되었음
- NB model 의 결과와 마찬가지로 스쿨존 표시가 되어있거나 교차로에 그려진 횡단보도의 개수가 많을수록 학생들이 사고 위험이 높다고 여겼고, 시야가 많이 확보될수록 위험 인지도가 낮아지는 결과가 도출되었음
- 교차로 형태에 대하여, 학생들은 T자형 교차로보다 +자형 교차로에서 사고 위험을 높게 인지하였음. 이는 선행연구들에서도 계속 언급되었던 결과로, 두 개의 도로가 만나 +자형 교차로를 형성하면, 차량과 보행자가 만나게 되는 conflict points가 총 16개 발생하게 되며, 반면 T자형 교차로의 경우 12개의 conflict points가 형성되므로, +자형 교차로에서 보행자가 더 높은 레벨의 위험을 인지하게 됨

<표 3-9 위험인지 결정 요인 분석 >

	Negative binomial model				Zero-inflated negative binomial model			
	Variable	Non zero-risk state		Zero-risk state				
		Coeff.	z value	Coeff.	z value			
Exposure	Crossing	0.077	11.96 ***	0.059	11.86 ***	-2.217	-2.42 ***	
Familiarity	PopulationDensity	0.009	1.89 *	0.004	1.03	-0.043	-1.30	
	StreetDensity	0.011	3.65 ***	0.002	0.74	-0.015	-0.96	
	Park	0.133	1.38	0.086	1.02	0.347	0.63	
	StudentFacility	0.226	3.89 ***	0.132	2.63 ***	-0.312	-0.79	
Road infrastructure	Sidewalk	0.062	1.28	0.053	1.17	-0.151	-0.83	
	Crosswalk	0.308	3.83 ***	0.195	2.66 **	-0.483	-1.63	
	Max Width	0.038	1.90 *	0.013	0.68	-0.137	-1.82 *	
	WidthDifference	-0.038	-2.03 **	-0.016	-0.90	0.126	1.75 *	
Traffic calming measures and traffic signs	Approach	0.154	1.25	0.203	1.70 *	0.734	0.93	
	Pavement	0.193	1.39	0.140	1.15	-0.303	-0.45	
	Speedbump	0.163	1.16	0.045	0.36	-0.030	-0.03	
	Schoolzone	0.638	3.48 ***	0.404	2.70 **	-2.555	-1.31	
Building at intersections	Visibility	-0.532	-2.20 **	-0.430	-1.88 *	-1.583	-1.44	
	Entrance	0.146	2.35 **	0.088	1.51	-0.361	-1.03	
Building use	Residential	0.154	1.17	0.021	0.17	-0.161	-0.26	
	Public	0.156	0.98	0.130	0.93	-0.250	-0.30	
	Commercial	-0.216	-1.38	-0.227	-1.53	-0.851	-1.23	
Number of observations			546				546	
Dispersion parameter			0.653				0.350	
AIC			1835.3				1734.5	
Log likelihood			-897.7				-828.3	
Vuong statistic							6.37	

- 교차로에 모여드는 도로의 최대 너비와 최소 너비의 차이가 클수록 학생들의 위험 인지도가 낮아지는 경향을 보였는데, 이는 교차로에서 차량이 진행하게 되는 도로의 너비 변화가 존재하면 차량 속도가 감소할 것이고, 이러한 점이 학생들의 위험 인지에 영향을 미친 것으로 보임

<표 3-10 실제 교통사고 결정 요인 분석 >

		Negative binomial model	
	Variable	Coeff.	z value
Exposure	Crossing	-0.025	-1.04
	PopulationDensity	0.039	2.63 ***
	StreetDensity	0.009	0.98
Familiarity	Park	-0.567	-1.43
	StudentFacility	0.120	0.62
Road infrastructure	Sidewalk	0.184	1.45
	Crosswalk	0.430	2.32 **
	MaxWidth	0.123	2.43 **
	WidthDifference	0.041	0.96
	Approach	-0.384	-0.93
Traffic calming measures and traffic signs	Pavement	-0.194	-0.48
	Speedhump	0.116	0.21
	Schoolzone	-0.035	-0.04
Building at intersections	Visibility	-0.079	-0.12
	Entrance	0.619	3.22 ***
Building use	Residential	-0.164	-0.45
	Public	0.070	0.14
	Commercial	0.505	0.85
Number of observations			546
Dispersion parameter			3.06
AIC			561.6
Log likelihood			-260.8

3. 위험 인지와 실제 사고와의 관계

- 위험인지와 실제 사고의 단순상관관계 (Pearson correlation coefficient)는 0.065로 매우 낮은 수준임. 즉 초등학생의 위험인지가 실제 사고를 예측한다고 보기는 어려우며, 위험인지와 실제 사고의 결정 인자가 다르다는 것을 의미함
- 초등학생 위험인지와 실제 사고 위험 결정 인자의 가장 큰 차이는 본 연구에서 정의

한 exposure에 의한 것임. 표 3-9와 3-10을 비교하면 exposure 및 familiarity에 해당하는 변수 중 대부분은 통계적으로 위험 인지와 유의한 영향을 갖게 되나, 실제 사고는 인구밀도를 제외한 대부분의 exposure와 familiarity 변수와 유의한 관계를 갖지 않음

- 이러한 결과는 exposure와 familiarity 변수가 초등학생 위험인지를 예측하기 위한 control 변수로 정의된 것이기 때문에 당연한 결과라고 할 수 있으며, 단순 상관관계 보다는 표 3-9 및 3-10에서 이용한 통계적 방법으로 분석하여야 의미있는 관계를 정의할 수 있음
- 표 3-11에서 인지위험과 실제사고에 대한 통계적 분석 결과를 표시하였음. 실제 사고 위험은 인구밀도가 높고, 횡단보도가 있으며, 도로의 폭이 높고, 교차로 인근 건축물의 출입구 개수가 많을수록 증가함. 이러한 패턴은 인지되는 위험에서도 동일하게 나타남
- 즉 초등학생의 위험인지는 실제 사고 위험의 결정요인과 공통되는 요인에 의하여 증가한다고 할 수 있으며, 초등학생 위험인지가 실제 사고 위험을 예측하는데 유의미한 정보를 활용될 수 있다는 점을 시사함

표 3-11 인지위험과 실제 사고 위험 결과 비교 >

	Perceived crash risk			Actual crash risk
	NB model	ZINB model		
		non-zero state	zero state	
Crossing	+	+	+	
PopulationDensity	+			+
StreetDensity	+			
StudentFacility	+	+		
Crosswalk	+	+		+
MaxWidth	+		+	+
WidthDifference	-		-	
Approach		+		
Schoolzone	+	+		
Visibility	-	-		
Entrance	+			+

- 위험인지는 이 밖에 교차로에서의 횡단수가 많고, 도로 밀도가 높으며, 학생이용시설

의 밀도가 높고 보호구역 사인이 있는 장소에서 증가하는 경향을 보임. 이러한 변수들은 초등학생의 exposure와 familiarity와 관련한 변수로서 모델상에서는 control 변수로 이해할 수 있음

- 인지위험은 실제사고자료만으로 파악할 수 없었던 몇 가지 중요한 위험 요소를 제안함. 첫 번째는 교차하는 도로폭의 차이로서, 두 도로폭의 차이가 증가할수록 인지위험이 감소하는 경향을 보임. 이는 넓은 도로와 좁은 도로가 만나는 교차로에서 차량속도가 감소하여 나타나는 결과로 판단됨. 또 다른 요인은 교차로에서의 visibility로서 교차로의 시야확보가 용이한 장소에서 인지위험이 감소하는 경향을 보였음
- 결론적으로, 위험인지와 실제사고의 단순상관관계는 낮게 나타나지만, 주요한 exposure와 familiarity 변수를 통제하였을 때, 실제사고를 높이는 요인은 공통적으로 위험인지를 높이는 것으로 나타남. 사고위험과 관계가 없지만 교차하는 도로 폭이 차이가 크고 교차로의 시야가 확보될수록 초등학생의 위험 인지는 감소하는 경향을 보임. 이러한 결과는 위험인지 분석이 향후 발생가능성이 높은 지점을 지시하는 데 효과적으로 활용될 수 있는 방법론이라는 것을 의미함.

4. 교통사고 저감 설계기법 제안

- 위험인지는 전통적으로 교통안전분야에서는 사고를 감소시킬 수 있는 긍정적 요소로 평가되었음. 즉 위험에 대한 인지(risk perception)이 증가하면 운전자(driver)의 주의력이 상승하고, 상승한 주의력은 사고 발생을 감소시키는 메커니즘이 기본적으로 제안된 인과관계임

<그림 3-22 교차로 시야와 교통사고 발생의 관계 >

- 이러한 인과관계를 보행자 측면에서 적용하게 되면 교차로에서의 낮은 시야는 해당

교차로를 지나는 보행자의 주의력을 상승시키게 되고, 주의력이 상승된 보행자는 해당 교차로를 지나가는 것을 포기하거나 매우 주의 깊게 교차로를 횡단하는 행태변화를 만들게 됨. 이러한 보행자 행태변화는 교차로에서의 실제 사고 위험을 낮출 수 있음 (그림 3-21)

- 이와 같은 관계에 의하여 높은 인지위험은 보행자의 행태변화를 이끌어내고 실제 사고 발생을 낮출 수 있기 때문에, 인지위험이 높은 교차로에서 사고발생은 낮게 나타날 수 있음
- 그러나 이러한 특성을 갖는 교차로가 사고발생을 낮추는 데 효과적이라고 평가하는 것은 무리한 해석임. 실제 사고를 증가시키지 않더라도 보행자의 위험인지를 높이는 물리적 환경은 보행행위를 포기하게 만들거나 안전한 통학로 조성에 방해하는 요소로 해석하는 것이 합리적임
- 이러한 해석적 틀을 바탕으로 제안하는 설계기법은 건축적인 측면과 도로 설계 측면으로 나누어 제안함

건축적 설계기법

첫째, 학교 인근 교차로의 건물의 저층부에 보행자 동선과 충돌하는 요소를 설계적 요소로 해결함. 본 연구의 결과는 교차로 저층부의 출입구 수가 많을수록 실제 사고와 인지위험이 동시에 증가하는 것으로 나타남. 이러한 요소는 도로 설계적 요소보다는 건축적인 설계요소로서, 건축물 내부에서 외부로 이동하는 동선, 건물 외부에서 쇼핑을 위해 머무르는 행위 등이 이동하는 동선과 충돌하여 나타나는 결과로 판단됨. 상가 저층부의 가판대 등을 축소하고 보행자 동선과 충돌하는 건물의 출입동선을 조정하여 최소화하도록 함

둘째, 교차로 인근의 시야확보를 위하여 코너필지에 대한 건축물 후퇴를 하여 공개공지를 확보함. 교차로 인근의 시야확보가 낮은 이유 중 하나는 코너 필지에 위치한 건축물이 필지한계선에 너무 가깝게 건설되었다는 점임. 초등학교 인근 교차로 필지의 경우 지구단위계획단계에서 건축한계선을 후퇴하여 전면에 공지를 확보하고 보행자의 시야를 개선함

도로 설계기법

첫째, 교통정온화를 위하여 보다 확실한 속도저감 요소를 도입함. 현재 어린이 보호구역에 활용되는 정온화 방법은 대부분 traffic hump, 포장재질 변경, 어린이 보호구역 표

시 등 속도저감의 실효성이 낮은 기법임. 본 연구의 결과 이러한 기법은 어린이 보호구역의 사고 발생 및 인지위험을 낮추는 데 효과가 없다는 것을 보여주었음. 정온화 기법의 효과는 지역적 특성에 따라 차이가 있는데, 가장 효과적인 방법은 도로 설계 변경을 통해 차량의 속도를 낮추도록 강제 (force to reduce speed)하는 방법임. 이러한 설계 기법은 시케이인(Chicane)을 활용한 horizontal deflection임.

둘째, 도로 폭 감소는 인지위험과 실제위험을 낮추는 효과적인 방법임. 본 연구 결과 넓은 폭의 도로에서는 사고 발생 및 인지위험이 동시에 증가하는 것으로 나타남. 차량의 속도 및 학교인근의 차량 감소를 위한 가장 효과적인 방법은 보도를 넓히고 차선 폭을 감소시키는 것임. 차선폭 감소를 통해 어린이 보호구역을 통과하는 교통량을 최소화 하고 보호구역을 우회하는 도로로 차량을 유도함

5. 본 연구 결과의 차별성

- 본 연구의 결과의 차별성은 실제 사고 정보만으로는 파악할 수 없는 교통사고의 잠재적 위험 (potential risk)를 인지위험 정보를 이용하여 분석하는 데 있음. 이러한 접근의 연구는 국내에서는 제시된 바 없으며 국외에서도 매우 소수의 연구만이 수행된 상황임
- 기존의 연구는 주로 도로의 설계 측면에서 interventions을 제안하였으나 본 연구에서는 교차로 인근의 건축물 특성까지 고려한 종합적 분석을 수행하였음. 최근 교통분야의 주요한 특성 중 하나는 교통, 도시, 건축 등 도시의 물리적 계획을 아우르는 종합적 접근을 지향하고 주변 맥락을 고려한 계획 (context sensitive solution)을 제안한다는 점임. 이러한 추세에 비추어보았을 때 본 연구의 접근 방법은 매우 시의 적절하며 기존 연구 접근과 차별화되는 점임
- 실제 사고가 발생한 지점 중 약 65%에서는 초등학생의 위험인지가 측정되었으며, 위험인지가 측정된 교차로에서 실제 사고 발생 비율은 14.2%로 나타남. 위험인지 정보를 이용하여 사전에 proactive한 interventions을 시행할 경우 위험인지가 교차로에서의 보행자 사고발생을 약 15% 낮출 수 있을 것으로 기대함
- 다만 본 연구에서 활용한 사고자료는 인지위험자료 이전에 발생한 사고자료로서, 기대효과에 대한 정확한 정량분석을 위해서는 지속적인 모니터링과 평가기법에 대한 연구가 수행되어야 함

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제1절 연구개발 목표 달성도

1. 연구개발 수행 진도율

가. 1년차 (2014.8.14.-2015.8.13.)

구 분 개발내용	연 구 개 발 기 간												진도(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
종합적 문헌검토													100%
인지지도개념정 립													100%
공간단위 DB구축													100%
보행환경 DB구축													100%
사고위험인지조 사													100%

..... 당초계획
_____ 실적

가. 2년차 (2015.8.14.-2016.8.13.)

구 분 개발내용	연 구 개 발 기 간												진도(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
메뉴얼개발													100%
프로토타입개발													100%
모델링분석 수행에 따른 결정요인 파악													100%
불일치유형화													100%
사고저감설계기 법제안													100%

..... 당초계획
_____ 실적

2. 연구개발 목표의 달성도

가. 질적 성과

목 표	내 용
인지지도 개념정립	- 국내외 논문을 바탕으로 인지지도 개념 정립하고, 물리적 환경과 보행자사고의 관계에 대한 이론적 틀 마련
종합적 DB 구축 및 인지조사	- 대상지(울산광역시 동구)내 8개 초등학교 약 1200명의 초등학생 대상으로 학교 주변 사고 위험 인지 조사 - TAAS, 교통안전공단에서 제공하는 대상지 교통사고현황자료 구축 - 기존 대상지역의 수치지형도, GIS도면 등 공간자료 확보 - 해당 지역의 사회 경제적 통계 DB 구축
교통안전 인지 지도 프로토타입 및 개발 메뉴얼	- 과학적인 방법을 이용하여 어린이 교통사고의 위험 인지를 조사하고 이를 바탕으로 안전인지를 공간적으로 구현함. - segment와 intersection을 나누어 인지지도 프로토타입 제안함 - 인지지도 프로토타입 개발과정을 문서화 및 매뉴얼화 하여 타 스쿨존으로 확대적용의 가능성을 높임.

어린이 교통사고 유형별 사고저감 설계기법 개발	- 어린이 교통사고 유형별로 사고 발생의 원인을 분석하여, 불일치 양상을 파악함. - 스쿨존 어린이 교통사고 감소를 위한 설계적 대안을 제시함.
------------------------------	---

나. 양적 성과

(1) 논문게재 성과

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2016.12	Association between intersection characteristics and perceived crash risk among school-aged children	이가인	조기혁	박유나 김정섭	Accident Analysis and Prevention	97	국외	SSCI
2016.8	Examining the association between physical characteristics of green space and land surface temperature	박종화	조기혁		Sustainability	8	국외	SCI

2016.8	The influence of Korea' s green parking project on the thermal environment of a residential street	박종화	조기혁	윤동근 김정섭	Habitat International	56	국외	SSCI
2016.5	압축도시의 물리적 요소가 보행자 교통안전에 미치는 영향: 분석 공간 단위에 따른 차이를 중심으로	박유나	조기혁	이가인	국토계획	51(2)	국내	
2016.3	A dynamic estimation of casualties from an earthquake based on a time-use survey	박종화	조기혁	신명수	Natural Hazards	81	국외	SCI

(2) 학술대회 발표 성과

발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분
2015.10.31	고령자의 통행행태 변화과정에 관한 연구: 코호트 분석	박유나 · 조기혁	대한국토 · 도시계획 학회 2015 추계 학술대회	국내
2015.10.31	교통사고 위험 인지 요인 분석 -통학로 중심으로	이가인 · 조기혁	대한국토 · 도시계획 학회 2015 추계 학술대회	국내
2015.8.13	Does the compact city promote the pedestrian safety?	박유나 · 조기혁	13th International Congress of Asian Planning Schools Association	국외

제2절 관련 분야 기여도

- 교통안전 행정의 과학화: 교통안전을 위한 정책 수립을 위하여 의존하는 주요 자료는 사고 발생 빈도에 대한 자료임. 그러나 교통사고의 특성상 교통사고는 매우 드물게 발생하며, 따라서 비교적 작은 지역에 대한 교통안전 정책의 수립을 위해서는 활용가능한 자료의 범위가 매우 제한되어 있어 과학적인 접근이 어려운 상황임. 인지도도의 활용성은 사고발생 빈도의 자료가 매우 제한적으로 구축되어 있는 지역에도 폭넓은 잠재적 위험 정보를 제공할 수 있다는 점임. 본 연구의 접근방식을 통해 지자체 교통안전 의사결정을 위한 과학적 접근 방식을 제공하여 초등학생 교통안전을 위한 효과적인 정책 수립이 이루어질 것으로 기대함
- 지역 특수성에 맞는 안전시설물 설치: 기존의 교통안전 시설물은 지역적 특성이나 주변 이용자의 특성을 고려하지 못한千篇일률적인 시설임. 본 연구의 결과는 이러한 traffic calming device가 실제 주민들의 인지위험을 감소시키는데 효과가 없다는 것을 보여주었음. 이는 교통안전 시설물의 효과가 지역적 특성 및 주변 지역 인적 구성의 특성에 따라 차이가 발생할 수 있음을 시사함. 본 연구 결과를 활용하여 대상지의 공간적 특성과 인적 구성에 대하여 충분히 고려할 수 있는 안전시설물 설치 제안이 이루어지는 것이 가능함

제5장. 연구 개발성과의 활용 계획

제1절 연구 결과의 활용방안

- 지자체 교통시설개설 사업의 근거: 각 지자체는 교통사고 지점 자료를 통해 사고 빈도가 높은 곳을 선정하여 어린이보호구역의 교통시설 개선 사업을 진행하고 있음. 본 연구의 결과물은 기존의 사고 빈도 뿐 아니라 향후 사고 위험성이 높은 지점에 대한 정보를 제공할 뿐 아니라, 세부적인 설계 도입 요소를 제안하여, 본 연구 결과물의 활용이 효과적으로 이루어진다면 지자체의 사업성과를 크게 높일 수 있을 것으로 기대함
- 인지도 개발의 원천기술 확보: 교통안전 인지도에 대한 연구는 해외에서도 개별적인 연구자의 직관적 판단에 의존하여 구현되어 왔으나, 본 연구 과제를 통하여 체계적인 인지도의 개발이 이루어졌으므로, 교통안전 인지도의 개발 프로토콜 및 매뉴얼은 인지도 개발의 원천기술 확보라는 측면 뿐 아니라 국내외 연구자에게 매우 유용한 지적 자원이 될 것임
- 시범사업으로의 활용가능성: 본 연구의 최종 성과물은 어린이 보호구역 교통안전을 위한 세부 기술 적용 지침을 포함하고 있어, 연구 대상지의 교통안전 개선을 위하여 바로 적용이 가능한 수준으로 활용이 가능함. 연구 성과물의 결과를 토대로 교통시설 개설 시범사업을 시행할 경우, 해당 연구 대상지의 어린이 교통안전이 크게 향상될 것으로 예상됨.

제2절 기대성과 및 파급효과

1. 기술적 측면

- 기존의 보행자 사고 위험에 대한 연구들은 주로 통계적인 방식을 이용하여 그 원인을 찾고자 하였으나, 본 연구에서는 인지도와 사고빈도의 관계를 공간적으로 구현하여 분석함. 공간적 분석을 통한 교통사고 위험 연구는 체계적인 방법론 보다는 연구자의 직관에 의존하여 진행되고 있는 상황임. 통계적 분석과 공간 분석을 결합한 본 연구의 성과물은 교통사고의 공간분석에 대한 새로운 방법론 정립 및 기술 확보라는 기술적 성과를 보여줄 것으로 예상됨.
- 교통안전 인지도의 체계적 기술개발은 해외에서도 사례를 찾기 힘든 독보적이고

모험적인 기술임. 본 사업으로 확보되는 인지도도 제작 기술은 향후 인지 기반 IT기술과 접목하여 새로운 어린이 안전 장비 및 시설물 개발의 원천기술로 활용될 것으로 기대함.

2. 경제.산업적 측면

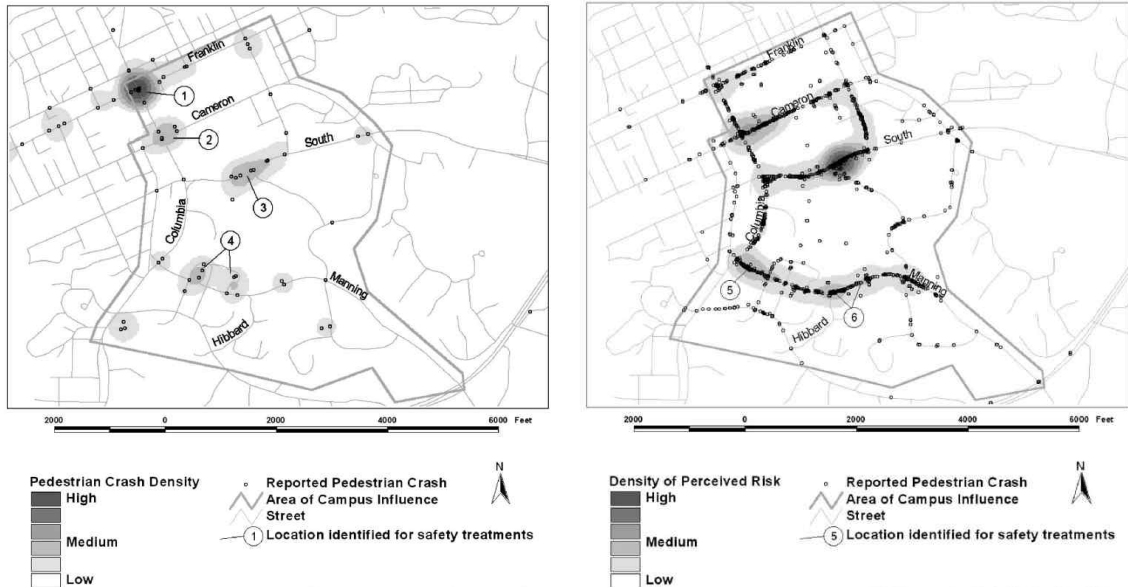
- 대한민국의 지방 자치제들은 각기 독립적인 교통시설개선 사업을 시행하고 있으나, 이러한 사업 중 상당수는 계획 단계에서 기대한 성과를 거두지 못하고 있으며, 이로 인해 우선적으로 필요한 개선사업이 예산 부족으로 인하여 장기간 지연 되어 지역 경제의 활력을 저해하고 있음. 이 같은 교통시설개선 사업의 실패 원인 중 하나는, 사고 위험 저감에 대한 잘못된 예측에 의한 것임.
- 본 연구에서 제안하는 교통안전 인지도 및 사고 원인별 설계 요소 개발 기술은 행태 예측 시스템으로 활용되어 정책의 의사 결정 과정의 투명성과 합리성을 제고하고 효과적인 예산 집행을 유도하여, 지역 정부의 재정을 보전하고 지역 사회의 경제-산업적 활력을 고양할 것으로 기대함.

3. 사회적 파급효과

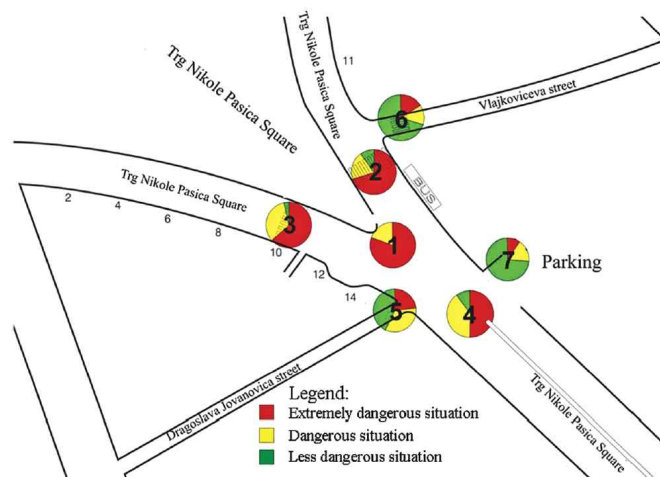
- 서울시는 2016년까지 어린이 교통사고 50% 저감을 목표로 구체적인 계획을 수립하고 있으나, 실제 적용 가능한 안전 기술의 효과에 대한 실증적 분석이 충분히 이루어지지 않았음. 본 과제에서 접근하는 안전 인지의 불일치 해소를 통한 안전 확보가 성공적으로 이루어진다면, 본 연구의 결과가 정책의 효율성을 높이고 국민의 안전과 복지를 향상시킬 수 있는 중요한 토대가 될 수 있을 것으로 기대함.

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술정보

- 교통안전 인지지도의 개발은 개별적인 연구자들에 의해 수행되고 있었으나, 지속적으로 연구가 수행되어 정책에 반영되기 보다는 특정 연구수행을 위한 방법론으로 활용되는 경우가 더 많았음
- 따라서 인지지도 개발을 위한 구체적인 process를 제시하는 경우는 매우 드물었으며, 결과에 대한 분석 및 해석을 중심으로 기술하고 있음



< 그림 4-1 실제 사고 빈도가 높은 지점 (좌)와 인지되는 위험도가 높은 지점(우)의 비교 (Schneider et al., 2004) >



< 그림 4-2 가중순위 결정법을 이용한 안전인지지도 구현(Pesic et al., 2012) >

- 해외 저널의 심사과정에서 인지지도 정보의 활용과 해석에 대한 전문가들의 이견이 있었음. 본 연구의 초기 단계 가설은 인지되는 위험과 실제 사고 위험간에 상당한 차이가 있을 것으로 기대하였으나, 실제 자료를 양자간의 관계가 상호보완적이라는 점을 보여주었음
- 이에 대하여, 인지되는 위험의 활용은 실제 사고 위험을 통해 validate되어야 가능하다는 의견이 있었음. 본 연구에서는 실제 사고 위험 자료를 통해 인지되는 위험의 정보가 유의미하다는 점을 부각하였으며, 동시에 실제 사고 자료를 통해 파악할 수 없는 미시적인 공간 단위의 design intervention에 대해 제안하였다는 점에서 의의를 찾을 수 있음

제7장. 연구 개발성과의 보안등급

- 본 과제의 보안등급은 일반 보안등급임

제8장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

■ 해당연구실 안전점검 및 정밀안전진단실시

- 과제수행과 관련하여 주관연구기관에서 연구실 기기 및 화학물에 대한 정밀 안전진단을 매년 7~8월 실시하였음

■ 참여연구원의 교육훈련 및 건강검진 실시, 보험가입

- 교육훈련 : 연구실안전관리는 연구개발인력교육원 주관으로 연구실 안전 교육과정을 개설하여 실시하였음.
- 건강검진 : 매년 6월경 국민건강보험공단 건강검진을 실시하고 있음.
- 보험가입 : 연구활동종사자(전 참여연구원)에 대하여 매년 교육시설재난공제회와 보험을 가입.

■ 연구실 안전 확보계획

- 본 연구의 특성상, 연구 참여자의 개인 정보(나이, 성별 등)에 대한 자료를 다루기 때문에 개인 정보 노출의 위험을 최소화하기 위하여 연구활동종사자(전 참여연구원) 정보보안교육을 실시 하였음

제9장. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	논문	Association between intersection characteristics and perceived crash risk among school-aged children	울산과 기원	교신	Accident Analysis and Prevention	2.070	2016.12	단독	SSCI
2	논문	Examining the association between physical characteristics of green space and land surface temperature	울산과 기원	교신	Sustainability	1.343	2016.08	중복	SCI
3	논문	The influence of Korea's green parking project on the thermal environment of a residential street	울산과 기원	교신	Habitat International	2.029	2016.08	단독	SSCI
4	논문	압축도시의 물리적 요소가 보행자 교통안전에 미치는 영향: 분석 공간 단위에 따른 차이를 중심으로	울산과 기원	교신	국토계획		2016.05	단독	

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
5	논문	A dynamic estimation of casualties from an earthquake based on a time-use survey	울산과 기원	교신	Natural Hazards	1.746	2016.03	중복	SCI

제10장. 참고문헌

국내 문헌

1. 김승남, 이경환, & 안건혁. (2009). 압축도시 공간구조 특성이 교통에너지 소비와 대기오염 농도에 미치는 영향. 국토계획, 44(2), 231-246.
2. 박경훈, & 변지혜. (2012). 초등학교 주변 물리적 환경이 보행안전에 미치는 영향-창원시 초등학교를 대상으로. 한국지리정보학회지, 15(2), 150-160.
3. 박상일. (2009). 제로팽창 음이향 회귀모형을 이용한 MMS 사용횟수에 대한 분석. 서울시립대학교 대학원 석사논문
4. 박승훈. (2014). 근린환경이 보행자-차량 충돌사고에 미치는 영향. 국토계획, 49(3), 143-157.
5. 성병준 · 유환희. (2014). 진주시 교통사고의 도시공간분포패턴 분석. Journal of the Korean Society for Geospatial Information System, 22(3), 99-105.
6. 성현곤, 노정현, 김태현, & 박지형. (2006). 고밀도시에서의 토지이용이 통행패턴에 미치는 영향: 서울시 역세권을 중심으로. 국토계획, 41(4), 59-75.
7. 오성훈 · 김승남 · 박예술 (2014) 2013 아마존 시범사업 현황과 평가
8. 이세영, & 이제승. (2014). 어린이 · 노인 보행자 교통안전을 위한 근린환경요인. 한국도시설계학회지, 15(6), 5-15.
9. 이수범, 정도영, & 김도경. (2008). 토지이용 특성별 어린이 보호구역 개선사업의 교통사고 감소효과 분석. 대한교통학회지, 26(3), 109-117.
10. 정재풍 · 최중후. (2014). 교통사고건수에 대한 포아송 회귀와 음이향 회귀모형 적합. 한국자료분석학회지, 6(1), 165-172.
11. 최중후, 고인미, & 전수영. (2011). 경영경제논문: 제로팽창 모형을 이용한 보험데이터 분석. 응용통계연구, 24(3), 485-494.
12. www.cpted.kr: 범죄예방디자인 연구정보센터
13. <http://www.cmckorea.org>: 커뮤니티 매핑센터

국외 문헌

12. Abdel-Aty, M., Chundi, S. S., & Lee, C. (2007). Geo-spatial and log-linear analysis of pedestrian and bicyclist crashes involving school-aged children. Journal of safety research, 38(5), 571-579.
13. American Association of State Highway and Transportation Officials. (2004). Guide for the Planning, Design and Operation of Pedestrian Facilities. Washington, DC: AASHTO
14. Aziz, H. A., Ukkusuri, S. V., & Hasan, S. (2013). Exploring the determinants of pedestrian-vehicle crash severity in New York City. Accident Analysis & Prevention, 50, 1298-1309.
15. Blazquez, C., Lee, J. S., & Zegras, C. (2016). Children at risk: A comparison of child pedestrian traffic collisions in Santiago, Chile, and Seoul, South Korea. Traffic injury prevention, 17(3), 304-312.
16. Bowman, B. L., Vecellio, R. L., & Miao, J. (1995). Vehicle and pedestrian accident models for median locations. Journal of transportation engineering, 121(6), 531-537.
17. Carver, A., Timperio, A., Hesketh, K., & Crawford, D. (2010). Are children and adolescents less active if parents restrict their physical activity and active

- transport due to perceived risk?. *Social science & medicine*, 70(11), 1799-1805.
18. Cervero, R. (1996). Mixed land-uses and commuting: evidence from the American Housing Survey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 30(5), 361-377.
 19. Chaurand, N., & Delhomme, P. (2013). Cyclists and drivers in road interactions: A comparison of perceived crash risk. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 1176-1184.
 20. Cho, G., Rodríguez, D. A., & Khattak, A. J. (2009). The role of the built environment in explaining relationships between perceived and actual pedestrian and bicyclist safety. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), 692-702.
 21. Clifton, K. J., Burnier, C. V., & Akar, G. (2009). Severity of injury resulting from pedestrian-vehicle crashes: What can we learn from examining the built environment?. *Transportation research part D: transport and environment*, 14(6), 425-436.
 22. Clifton, K. J., & Kreamer-Fulfs, K. (2007). An examination of the environmental attributes associated with pedestrian-vehicular crashes near public schools. *Accident Analysis & Prevention*, 39(4), 708-715.
 23. Clifton, K. J., Burnier, C. V., & Akar, G. (2009). Severity of injury resulting from pedestrian-vehicle crashes: What can we learn from examining the built environment?. *Transportation research part D: transport and environment*, 14(6), 425-436.
 24. Dai, D., Taquechel, E. P., Steward, J., & Strasser, S. (2010). The impact of built environment on pedestrian crashes and the identification of crash clusters on an urban university campus. *Western Journal of Emergency Medicine*, 11(3).
 25. DeJoy, D. M. (1992). An examination of gender differences in traffic accident risk perception. *Accident Analysis & Prevention*, 24(3), 237-246.
 26. Diógenes, M. C., Lindau, L. A., & de Transportes-LASTRAN, L. D. S. RISK PERCEPTION OF PEDESTRIANS AT MIDBLOCK CROSSINGS IN BRAZIL.
 27. Dissanayake, D., Aryaija, J., & Wedagama, D. P. (2009). Modelling the effects of land use and temporal factors on child pedestrian casualties. *Accident Analysis & Prevention*, 41(5), 1016-1024.
 28. Elias, W., & Shiftan, Y. (2014). Analyzing and modeling risk exposure of pedestrian children to involvement in car crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 62, 397-405.
 29. Elvik, R., & Bjørnskau, T. (2005). How accurately does the public perceive differences in transport risks?: An exploratory analysis of scales representing perceived risk. *Accident Analysis & Prevention*, 37(6), 1005-1011.
 30. Elvik, R. (2009). The non-linearity of risk and the promotion of environmentally sustainable transport. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), 849-855.
 31. Ewing, R., & Dumbaugh, E. (2009). The built environment and traffic safety a review of empirical evidence. *Journal of Planning Literature*, 23(4), 347-367.
 32. Ewing, R., Schieber, R. A., & Zegeer, C. V. (2003). Urban sprawl as a risk factor in motor vehicle occupant and pedestrian fatalities. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1541-1545.
 33. Hillier, L. M., & Morrongiello, B. A. (1998). Age and gender differences in school-age children's appraisals of injury risk. *Journal of Pediatric Psychology*, 23(4), 229-238.
 34. Jacobsen, P. L. (2003). Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury prevention*, 9(3), 205-209.

35. Kerr, J., Rosenberg, D., Sallis, J. F., Saelens, B. E., Frank, L. D., & Conway, T. L. (2006). Active commuting to school: associations with environment and parental concerns. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(4), 787.
36. Kim, K., Brunner, I., & Yamashita, E. (2006). Influence of land use, population, employment, and economic activity on accidents. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1953), 56-64.
37. Knuiman, M. W., Christian, H. E., Divitini, M. L., Foster, S. A., Bull, F. C., Badland, H. M., & Giles-Corti, B. (2014). A longitudinal analysis of the influence of the neighborhood built environment on walking for transportation the RESIDE Study. *American journal of epidemiology*, kwu171.
38. Koepsell, T., McCloskey, L., Wolf, M., Moudon, A. V., Buchner, D., Kraus, J., & Patterson, M. (2002). Crosswalk markings and the risk of pedestrian-motor vehicle collisions in older pedestrians. *JAMA*, 288(17), 2136-2143.
39. Leden, L. (2002). Pedestrian risk decrease with pedestrian flow. A case study based on data from signalized intersections in Hamilton, Ontario. *Accident Analysis & Prevention*, 34(4), 457-464.
40. Lee, C., & Abdel-Aty, M. (2005). Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crashes at intersections in Florida. *Accident Analysis & Prevention*, 37(4), 775-786.
41. Lee, J., & Mannering, F. (2002). Impact of roadside features on the frequency and severity of run-off-roadway accidents: an empirical analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 34(2), 149-161.
42. Loukaitou-Sideris, A., Liggett, R., & Sung, H. G. (2007). Death on the crosswalk A study of pedestrian-automobile collisions in los angeles. *Journal of Planning Education and Research*, 26(3), 338-351.
43. Lovegrove, G. R., & Sayed, T. (2006). Macro-level collision prediction models for evaluating neighbourhood traffic safety. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33(5), 609-621.
44. Lucy, W. H. (2003). Mortality risk associated with leaving home: recognizing the relevance of the built environment. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1564-1569.
45. Lund, I. O., & Rundmo, T. (2009). Cross-cultural comparisons of traffic safety, risk perception, attitudes and behaviour. *Safety Science*, 47(4), 547-553.
46. McMillan, T. E. (2005). Urban form and a child's trip to school: the current literature and a framework for future research. *Journal of Planning Literature*, 19(4), 440-456.
47. Moudon, A. V., Lin, L., Jiao, J., Hurvitz, P., & Reeves, P. (2011). The risk of pedestrian injury and fatality in collisions with motor vehicles, a social ecological study of state routes and city streets in King County, Washington. *Accident Analysis & Prevention*, 43(1), 11-24.
48. Napier, M. A., Brown, B. B., Werner, C. M., & Gallimore, J. (2011). Walking to school: Community design and child and parent barriers. *Journal of Environmental Psychology*, 31(1), 45-51.
49. Nasar, J. L. (2008). Assessing perceptions of environments for active living. *American journal of preventive medicine*, 34(4), 357-363.
50. Nordfjærn, T., & Rundmo, T. (2010). Differences in risk perception, priorities, worry and demand for risk mitigation in transport among Norwegians in 2004 and 2008. *Safety science*, 48(3), 357-364.
51. Ouyang, Y., & Bejleri, I. (2014). Geographic Information System-Based

- Community-Level Method to Evaluate the Influence of Built Environment on Traffic Crashes. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2432), 124-132.
52. Park, J. H., Shin, M., & Cho, G. H. (2016). A dynamic estimation of casualties from an earthquake based on a time-use survey: applying HAZUS-MH software to Ulsan, Korea. *Natural Hazards*, 81(1), 289-306.
 53. Peden M.M. (2008) World report on child injury prevention. World Health Organization
 54. Retting, R. A., Ferguson, S. A., & McCartt, A. T. (2003). A review of evidence-based traffic engineering measures designed to reduce pedestrian-motor vehicle crashes. *American journal of public health*, 93(9), 1456-1463.
 55. Rhodes, N., & Pivik, K. (2011). Age and gender differences in risky driving: The roles of positive affect and risk perception. *Accident Analysis & Prevention*, 43(3), 923-931.
 56. Rothman, L., Macarthur, C., To, T., Buliung, R., & Howard, A. (2014). Motor vehicle-pedestrian collisions and walking to school: the role of the built environment. *Pediatrics*, 133(5), 776-784.
 57. Rundle, A. G., Bader, M. D., Richards, C. A., Neckerman, K. M., & Teitler, J. O. (2011). Using Google Street View to audit neighborhood environments. *American journal of preventive medicine*, 40(1), 94-100.
 58. Schneider, R. J., Ryznar, R. M., & Khattak, A. J. (2004). An accident waiting to happen: a spatial approach to proactive pedestrian planning. *Accident Analysis & Prevention*, 36(2), 193-211.
 59. Schneider, R., Diogenes, M., Arnold, L., Attaset, V., Griswold, J., & Ragland, D. (2010). Association between roadway intersection characteristics and pedestrian crash risk in Alameda County, California. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2198), 41-51.
 60. Solvic, P. (1987). Perception of risk. *Science*, 236(4799), 280-285.
 61. Stoker, P., Garfinkel-Castro, A., Khayesi, M., Otero, W., Mwangi, M. N., Peden, M., & Ewing, R. (2015). Pedestrian safety and the built environment a review of the risk factors. *Journal of Planning Literature*, 30(4), 377-392.
 62. Timperio, A., Ball, K., Salmon, J., Roberts, R., Giles-Corti, B., Simmons, D., ... & Crawford, D. (2006). Personal, family, social, and environmental correlates of active commuting to school. *American journal of preventive medicine*, 30(1), 45-51.
 63. Trapp, G. S., Giles-Corti, B., Christian, H. E., Bulsara, M., Timperio, A. F., McCormack, G. R., & Villaneuva, K. P. (2012). Increasing children's physical activity individual, social, and environmental factors associated with walking to and from school. *Health Education & Behavior*, 39(2), 172-182.
 64. Wedagama, D. P., Bird, R. N., & Metcalfe, A. V. (2006). The influence of urban land-use on non-motorised transport casualties. *Accident Analysis & Prevention*, 38(6), 1049-1057.
 65. Ukkusuri, S., Miranda-Moreno, L. F., Ramadurai, G., & Isa-Tavarez, J. (2012). The role of built environment on pedestrian crash frequency. *Safety Science*, 50(4), 1141-1151.
 66. Usman, T., Fu, L., & Miranda-Moreno, L. F. (2010). Quantifying safety benefit of winter road maintenance: Accident frequency modeling. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 1878-1887.

67. Wedagama, D. P., Bird, R. N., & Metcalfe, A. V. (2006). The influence of urban land-use on non-motorised transport casualties. *Accident Analysis & Prevention*, 38(6), 1049-1057.
68. Wier, M., Weintraub, J., Humphreys, E. H., Seto, E., & Bhatia, R. (2009). An area-level model of vehicle-pedestrian injury collisions with implications for land use and transportation planning. *Accident Analysis & Prevention*, 41(1), 137-145.
69. Wineman, J. D., Marans, R. W., Schulz, A. J., van der Westhuizen, D. L., Mentz, G. B., & Max, P. (2014). Designing healthy neighborhoods contributions of the built environment to physical activity in Detroit. *Journal of Planning Education and Research*, 34(2), 180-189.
70. World Health Organization. (2007). Youth and road safety.
71. Yang, W., Spears, K., Zhang, F., Lee, W., & Himler, H. L. (2012). Evaluation of personal and built environment attributes to physical activity: a multilevel analysis on multiple population-based data sources. *Journal of obesity*, 2012.
72. Yiannakoulis, N., & Scott, D. M. (2013). The effects of local and non-local traffic on child pedestrian safety: A spatial displacement of risk. *Social Science & Medicine*, 80, 96-104.
73. Yu, C. Y., & Zhu, X. (2015). Planning for Safe Schools Impacts of School Siting and Surrounding Environments on Traffic Safety. *Journal of Planning Education and Research*, 0739456X15616460.
74. Zegeer, C. V., Stewart, J. R., Huang, H. H., Lagerwey, P. A., Feaganes, J., & Campbell, B. J. (2005). Safety effects of marked versus unmarked crosswalks at uncontrolled locations: Final report and recommended guidelines (No. FHWA-HRT-04-100).
75. Zhou, H., Yang, J., Hsu, P., & Chen, S. (2010). Factors affecting students' walking/biking rates: initial findings from a safe route to school survey in Florida. *Journal of Transportation Safety & Security*, 2(1), 14-27.