
스쿨존 위험도를 고려한 내비게이션 경로설정 ...

강세정, 김민아, 신재욱, 이성민, 이수연, 장현우



서론

Motivation



본론

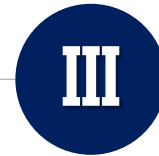
Outline of research model

Road network implementation

School zone risk weight setting

IP Model formulation

Research results



결론

Summary

Application

스쿨존 내 어린이 교통사고 방지를 위한 민식이 법의 등장과 이로 인한 논란에 따른 스쿨존 회피 내비게이션 등장

스쿨존: 유치원이나 초등학교 주변에 설치한 어린이 보호 구역
학교 정문에서 300미터 이내의 통학로를 의미



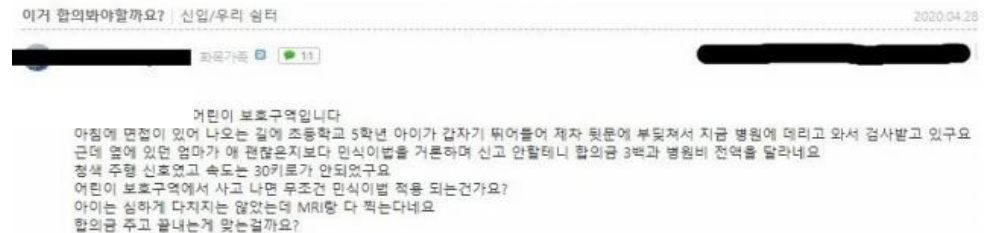
스쿨존은 각종 안전시설 및 규제를 갖추고 있지만,
점검 결과 **안전시설 미흡**으로 판명난 곳이 총 **80%**에 이릅니다

이로 인한 스쿨존 내 어린이 교통사고의 지속적 발생

→ **민식이 법의 등장**

민식이 법의 악용 사례와 불명확성으로 인한 논란 발생

1. 민식이 법을 이야기하며 합의금 요구 및 협박 사례



2. '민식이 법' 놀이의 등장



이로 인한 운전자들의 스쿨존 기피 현상 발생

→ 스쿨존 회피 내비게이션에 대한 운전자 요구 증가

→ **스쿨존 회피 내비게이션의 등장**

극단적 형태를 띄며 시간 구역이 없는 기존 스쿨존 회피 내비게이션과 달리,
효율성과 안전성을 동시에 고려하고 시간 구역이 나뉜 내비게이션에 대한 고찰

기존 스쿨존 회피 내비게이션의 문제점

1. 스쿨존을 모두 회피 혹은 모두 포함, 매우 극단적인 형태를 보임
2. 어린이 스쿨존 교통사고가 거의 발생하지 않는 시간대에도 회피



스쿨존 내에 목적지가 있어 우회 경로가 없거나 소요시간이 10분 이상 추가돼 운전자 불편이 더 크다고 판단되면 편의를 위해 스쿨존을 서행 통과하는 경로를 안내합니다.



스쿨존을 최대한 회피하는 경로를 안내합니다.
스쿨존을 반드시 통과해야 목적지에 갈 수 있는 경우,
불가피하게 안내될 수 있습니다.

필요성을 느낀 내비게이션

효율성 vs. 안전성



Trade-off Relationship

(*) 효율성: 같은 거리 운행시 걸리는 시간을 최소화 하는 경로 우선

안전성: 운행 시 어린이 교통사고 위험을 최소화 하는 경로 우선

1. 사용자의 설정에 따라 두 가지 모두 고려할 수 있는
2. 시간 구역에 따라 스쿨존 위험을 다르게 인지할 수 있는 내비게이션

스쿨존 교통사고 위험도를 고려하여 합리적인 경로 옵션을 안내하는 내비게이션의 알고리즘을 구현

연구 흐름도

표본 지역의 주요 지점, 도로를 노드, 링크로 정리
알고리즘을 적용할 도로 네트워크로 구현



경로 구간별 스쿨존 빈도, 시간대별 교통량, 시간대별 스쿨존 교통사고량을 고려해
스쿨존 위험도 가중치를 도출



스쿨존 위험도 가중치를 네트워크 각 링크의 weight로 산정하여 IP 모델 제작,
Dijkstra's algorithm을 적용해 합리적인 이동경로 안내

● 실제 주행경로 연구에서 대표적인 최단경로 탐색 알고리즘으로 활용되고 있음
이 문제 또한 그래프 상의 두 노드 사이, weight가 설정된 링크들로 이루어지는
최단거리를 구하는 문제이므로 Dijkstra's algorithm을 적용

사용자 가중치 설정



① 개별 사용자가 스쿨존 위험도
고려 요인들의 선호도 설정

② 사용자의 선호도를 반영한
가중치로 경로 안내

연구의 **표본 지역**을 서울시에서 스쿨존 교통사고량이 많은 구로구로 선정하고 주요 지점, 도로 데이터를 노드, 링크로 정리 어린이 보호구역까지 반영한 **도로 네트워크** 구현

표본지역 선정근거

: 본 목적인 스쿨존 회피 측면에서의 **실용 가능성** 확인이 필요하다 판단, 결과 분석을 용이하게 하기 위해

표본 지역은 광범위하기보다는

스쿨존 교통사고량이 많은 특정 지역으로 선정

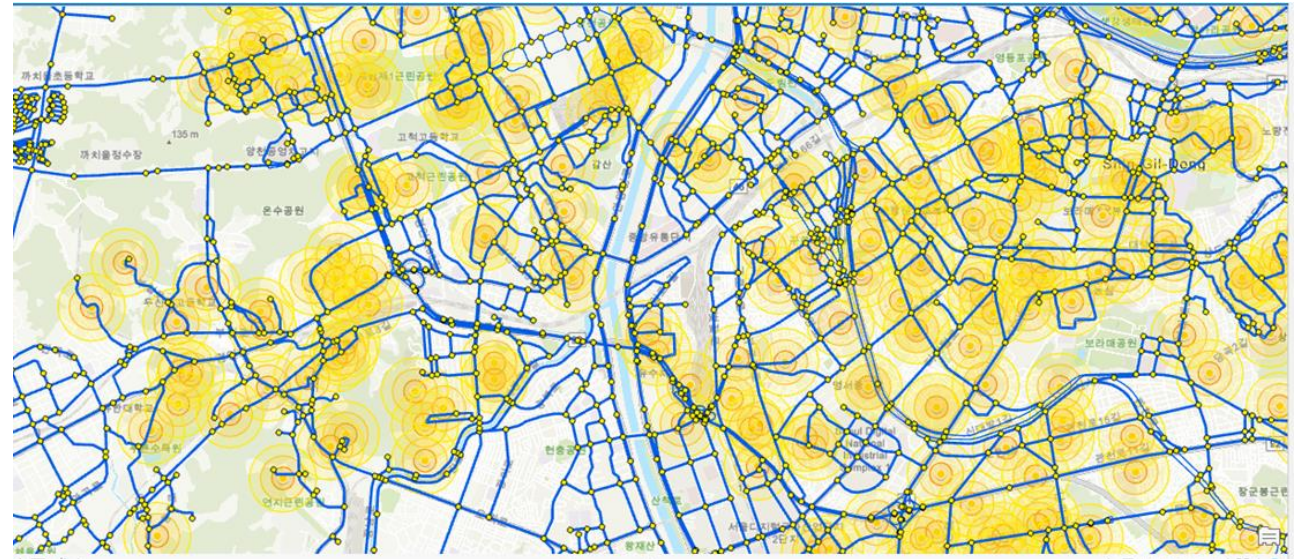
2017-2019 3년간 서울시 구별 어린이보호구역 내 어린이 교통사고 건수 (1-6위)

서울시 구	사고 건수
구로구	32
강서구	26
강남구	20
도봉구	19
양천구	16
은평구	16

도로 데이터를 네트워크로 구현

- ‘지능형교통체계 표준노드링크관리시스템’의 우리나라의 표준 노드, 링크 데이터 적용
- ‘공공데이터포털’의 전국 어린이 보호구역 표준데이터 적용

ArcGIS 로 구현한 구로구 표준 노드, 링크, 어린이보호구역



경로 구간별 스쿨존 빈도, 시간 구역별 교통량, 시간 구역별 스쿨존 교통사고 빈도를 고려해 **스쿨존 위험도 가중치**를 도출

스쿨존 위험도 가중치 고려 요소 (각 parameter의 scale을 통일하기 위해 0~1로 정규화)

a_{ij} : 경로 구간별 스쿨존 빈도 = $\text{arc}(i, j)$ 에서 스쿨존이 차지하는 비율

각 링크의 출발, 도착 노드의 위경도 값을 구한 다음 100 등분하여,
haversine 공식(구 위에서의 거리를 구하는 공식)을 사용하여 어린이 보호구역이 있는지를 계산

b_{ijt} : 시간 구역별 교통량 = $\frac{1}{\text{시간구역} = t \text{ 일 때, } node\ i \text{에서 } j \text{까지의 주행속도}}$

교통량 데이터 수집 실패 → 주행속도의 역수로 대체 (국토연구원 보고서 참고)
시간 구역 t 에서의 $\text{arc}(i, j)$ 의 주행속도는 2달간 '네이버맵 길찾기' API를 이용하여 얻은 값들의 평균

c_t : 시간 구역별 스쿨존 교통사고 빈도 = 요일, 시간대로 나눈 8개의 시간 구역 t 에서 발생한 어린이 교통사고 건수

'TAAS 교통사고분석시스템' 제공 2017~2019년의 어린이 교통사고 데이터 사용
요일, 시간대에 따른 사고량의 변화를 확인, 이를 바탕으로 8개의 시간 구역 분배

스쿨존 위험도 가중치를 고려하여 IP 모델의 Parameter 설정

Parameter

T_{ijt} : 시간 구역이 t 일 때 node i 에서 j 까지의 소요 시간

t : '평일/주말, 일별 4개의 시간대' 로 나뉜 8개의 시간 구역

η_{ij} : set covering matrix

(node i 에서 j 로의 링크 연결 여부 판별 boolean parameter)

0~1로 정규화한 경로설정 요인(스쿨존 위험도 가중치)

a_{ij} : arc (i,j) 에서 스쿨존이 차지하는 비율

b_{ijt} : arc (i,j) 의 시간대별 교통량. $1/(\text{시간대}=t\text{일 때, node } i\text{에서 } j\text{까지의 주행속도})$

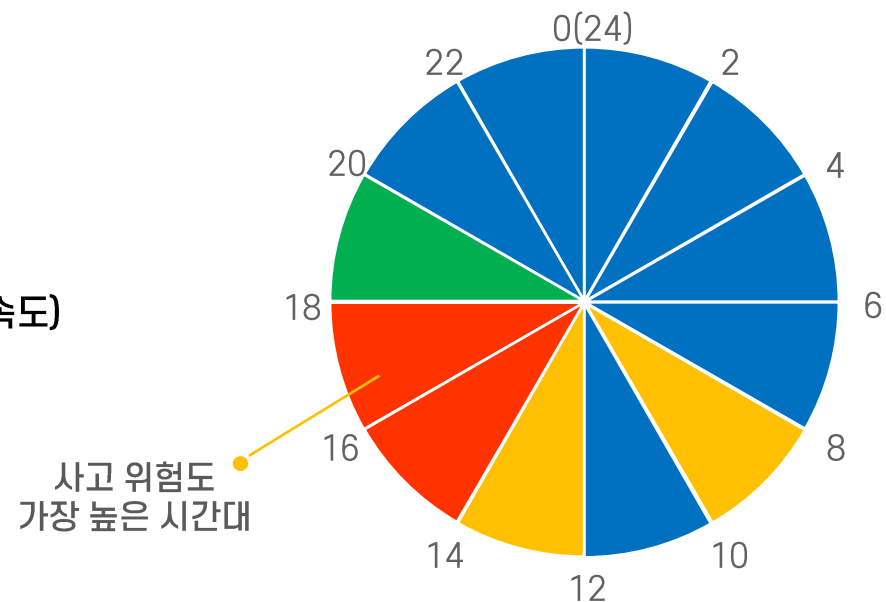
c_t : 시간별, 요일별 교통사고량에 따른 사고 위험도

사용자의 선호도 비율

x : 경로의 높은 스쿨존 포함률 기피 정도

y : 높은 통행량 기피 정도

→ 3개년 사고량 데이터를 이용해 **Tukey's test**로 시간 구역 구분 (평일/주말, 시간대 1~4)



→ 기존 내비게이션은 y (효율성)만 고려
기존 스쿨존 내비게이션은 x (안전성)만 고려 or y (효율성)만 고려

스쿨존 위험도 가중치를 각 링크의 weigh로 산정하여 IP 모델 제작, Dijkstra's algorithm을 적용해 합리적 이동경로 안내

Objective Function

$$\text{minimize } z = \sum_i \sum_j [T_{ij} \{(1 + a_{ij})(1 + c_t)\}^x \times (1 + b_{ij})^y] \times X_{ij} \text{ (for given } t)$$

Decision Variable

X_{ij} : node i 에서 j 로의 링크 선택 여부 판별 boolean var(0 or 1)

Constraints (flow-conservation constraint)

$$\sum_i \eta_{ij} X_{ij} = \sum_k \eta_{jk} X_{jk} \text{ for } \forall j - \{start, end\}$$

$$1 + \sum_i \eta_{i,start} X_{i,start} = \sum_k \eta_{start,k} X_{start,k}$$

$$\sum_i \eta_{i,end} X_{i,end} = \sum_k \eta_{end,k} X_{end,k} + 1$$

(set covering matrix $[\eta]_{i \times j}$)

기존 내비게이션 : $(x,y) = (0,1)$

기존 스쿨존 내비게이션 : $(x,y) = (1,0)$ or $(0,1)$

제안 내비게이션 : $(x,y) =$ 사용자의 자율적 선택

&

시간 구역별 사고 위험률(c_t) 고려

(x:안전성 가중치, y:효율성 가중치)



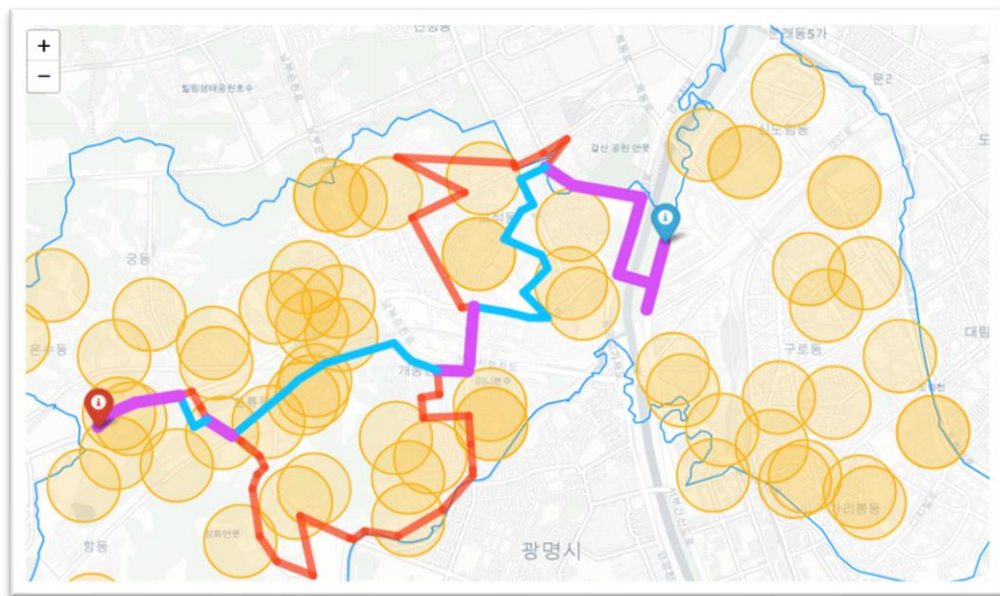
Python을 이용해 Dijkstra's algorithm을
IP모델에 적용하여 최적해를 빠르게 도출



사용자의 선택에 따라 안전성과 효율성을
합리적으로 고려한 이동경로 안내

효율성에 과한 가중치를 주면 **스쿨존을 많이 지나는 경로를**, 안전성에 과한 가중치를 주면 **멀리 돌아가는 경로를** 안내
새로운 내비게이션에서는 **둘을 적절하게 섞은 합리적인 경로**를 안내

안전성 가중치 변화



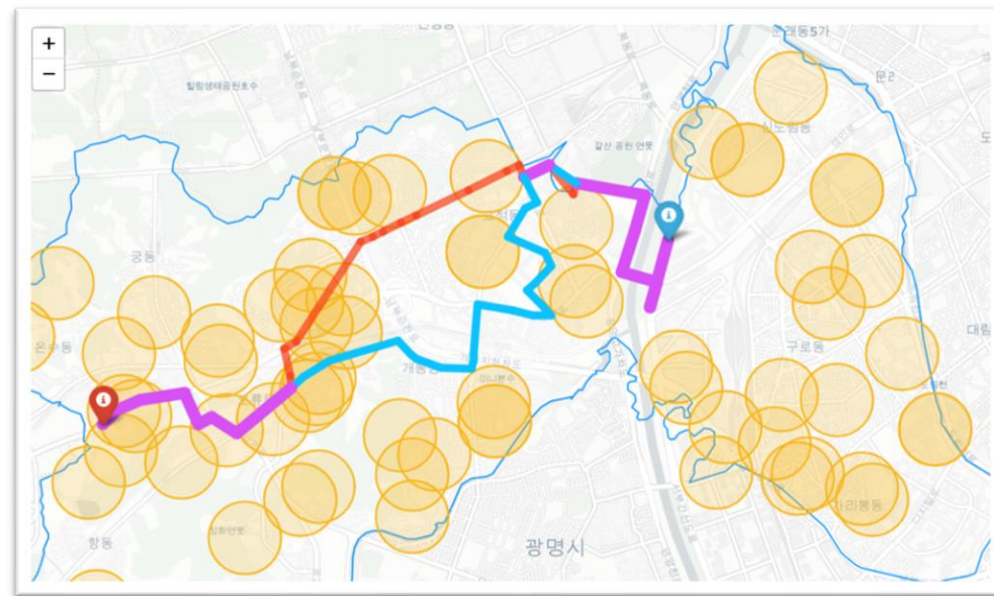
빨간색: 안전성 가중치를 매우 높게 준 경로 (12.9km, 39.3%)

파란색: 안전성과 효율성의 가중치를 적절하게 조절한 경로 (8.5km, 36.5%)

(*) ○ : 스쿨존에 포함되는 영역

(*) 보라색: 두 경우에 모두 포함되는 경로

효율성 가중치 변화

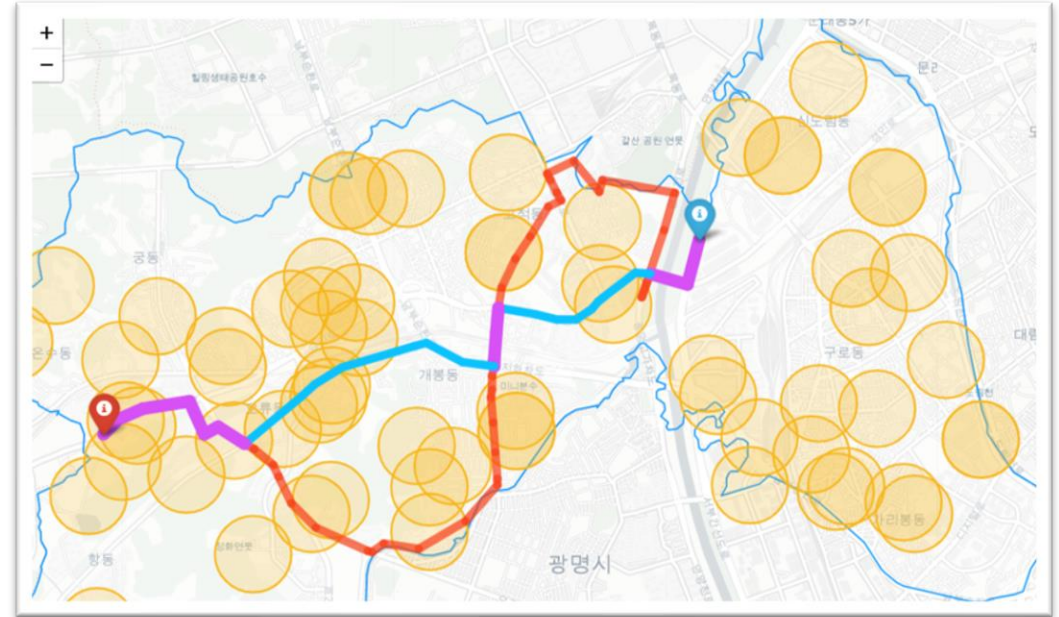
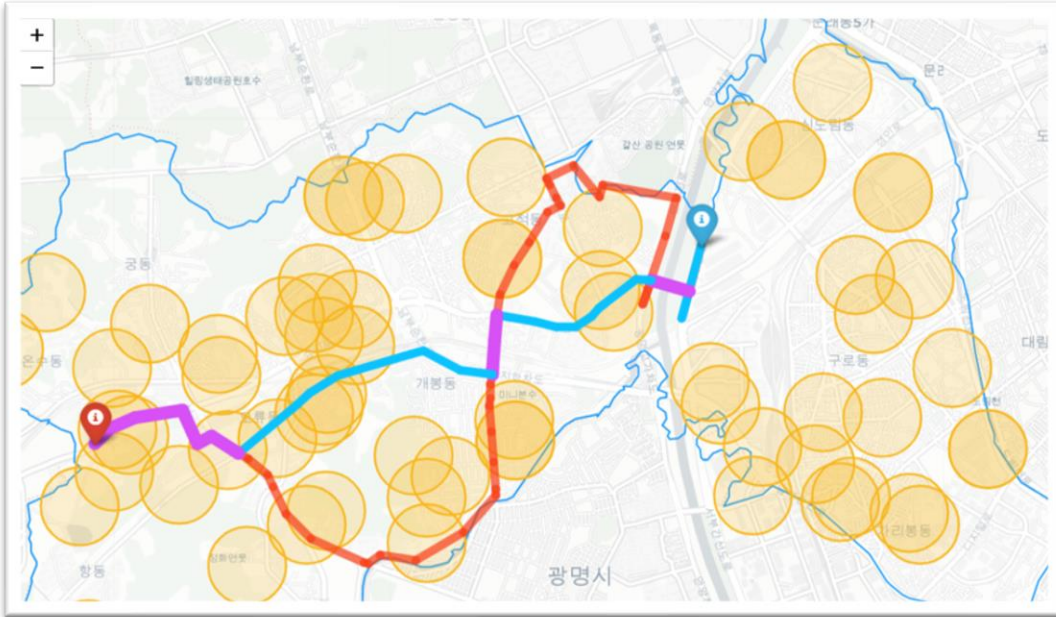


빨간색: 효율성 가중치를 매우 높게 준 경로 (7.6km, 55.3%)

파란색: 앞 지도와 동일한 경로 (8.5km, 36.5%)

경로의 스쿨존 포함율

안전성과 효율성에 동일한 가중치를 주는 경우에도,
시간에 따라서 스쿨존 사고량이 높은 시간대에는 상대적으로 스쿨존을 많이 회피하는 경로를 안내



빨간색: 스쿨존 사고량이 높은 평일 오후 시간대의 경로 (8.9km, 51%)

파란색: 스쿨존 사고량이 낮은 평일 새벽 시간대의 경로 (6.0km, 49%)

(*) ○ : 스쿨존에 포함되는 영역

(*) 보라색: 두 경우에 모두 포함되는 경로

빨간색: 앞 지도와 동일한 평일 오후 시간대의 경로 (8.9km, 51%)

파란색: 스쿨존 사고량이 낮은 주말 오후 시간대의 경로 (5.6km, 53%)

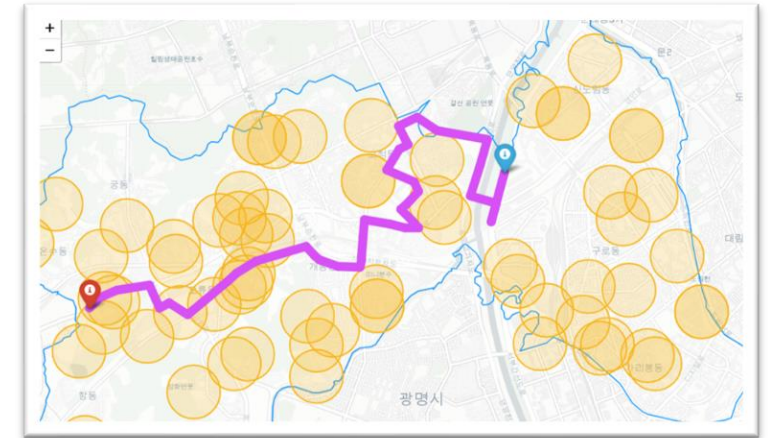
기존 스쿨존 내비게이션과 비교해 보았을 때, 회피하지 않는 경로와 회피하는 경로의 사이의 합리적인 경로 안내



① 기존 스쿨존 내비게이션 (회피X)



② 기존 스쿨존 내비게이션



새로운 스쿨존 내비게이션

동일한 출발지점과 도착지점, 시각에 대해서

① 스쿨존 회피 기능을 포함하지 않은 경우: 5.8km, 49%

② 스쿨존 회피 기능을 포함한 경우: 9.6km, 35%의 경로를 안내해주었다.

:

새로운 내비게이션에서는

안전성과 효율성의 가중치를 비슷하게 준 경우,

앞선 두 경로의 중간 정도인 8.5km, 37%의

경로를 안내해주었다.

기존 스쿨존 내비게이션을 사용자의 설정에 따라 효율성과 안전성을 모두 고려한 경로를 제공하여 **편의성** 면에서 개선, 시간 구역에 따라 스쿨존 위험을 다르게 인지할 수 있어 **정확성** 면에서 개선

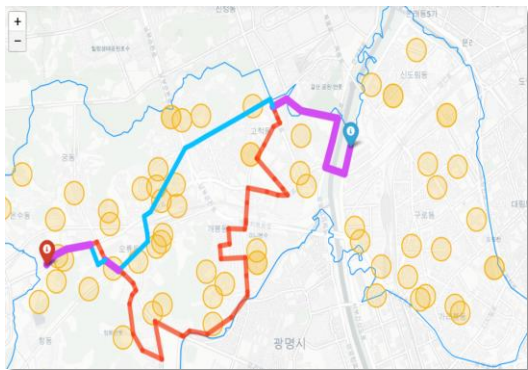
기존 내비게이션과의 차별점

기존 (스쿨존) 내비게이션은 가장 빠른 길 혹은 과하게 돌아가는 경로 제시 그러나,

시뮬레이션 결과에서도 확인되듯이 이 프로젝트에서 제안한 내비게이션은

1. 효율성과 안전성을 동시에 고려
2. 사용자가 설정한 가중치에 따라 최적화된 경로 제시
3. 시간 구역에 따라 스쿨존 사고 위험률을 다르게 인지

효율성 추구 >>



>> 안전성 추구

인터페이스 예시

< 고려대학교부속구로병원 본관 → 구로남초등학교

사용자 설정 30분
상세 > 오후 11:09 도착
22km | 0원

최소시간 28분
상세 > 오후 11:07 도착
23km | 0원

최단거리 30분
상세 > 오후 11:09 도착
22km | 0원

스쿨존 완전 회피 46분
상세 > 오후 11:25 도착
18km | 0원

... 1. 출발지, 도착지 입력

2. 사용자의 초기 가중치 설정에 따른 최적 경로 제시

3. 이외 최소시간 경로, 스쿨존 완전회피 경로 등의 option 경로제시

향후 내비게이션은 스쿨존 뿐만 아니라 **다른 여러 위험구역**의 특성 또한 고려하여 경로 제시 가능

이 프로젝트에서 제시한 내비게이션은 사고에 취약한 스쿨존을 고려하여 경로를 탐색한다.

이러한 내비게이션이 사용자의 편의를 크게 저하하지 않으면서도 스쿨존에서의 사고를 줄일 수 있다는 것이 밝혀지면, 스쿨존과 함께 **노인보호구역, 사고다발구역 등으로 확장된 위험지역**을 고려하는 내비게이션으로 발전 할 수 있다.



위험지역을 우회하는 내비게이션은 **자율주행** 영역으로의 전면적인 적용 가능

자율주행 영역에서 내비게이션은 단순 길찾기 기능을 넘어선 핵심장치이다. 사람이 주행하는 경우에도 안전성을 보장할 수 없는 스쿨존 등의 위험지역의 경우, 기술이 세밀화되는 것만으로는 **자율주행의 안전성**을 보장하기 힘들다.

따라서 이때, 스쿨존 위험도를 고려한 경로설정으로 위험지역을 우회하는 것이 자율주행으로 인한 사고발생을 효과적으로 줄일 수 있다.



[신문]

1. 2020.04.01. 모터그래프, 신화섭, 아틀란 내비, '스쿨존 회피' 업데이트 후 다운로드 6 배 급증
2. 2019.12.11. 한국경제, 김명일, 여론에 떠밀려 두 달 만에 처리 "민식이법 자해공갈단 나올 판"
3. 2020.04.30. 머니투데이, 유동주, 민식이 아버지도 잘못 알고 있는 '민식이법'
4. 2020.04.29. 경기일보, 장영준, [와글와글 커뮤니티] 민식이법 이용해 협박?... "신고 안 하겠다" 합의금 요구
5. 2019.12.19. 연합뉴스, 이은중, [2019 사건 그후] ⑥ '민식이법' 제정 부른 아산 스쿨존 교통사고

[학술지 논문]

1. 옥승호, et al. "선호도 기반 최단경로 탐색을 위한 휴리스틱 융합 알고리즘." 전자공학회논문지-TC, 47(8), 2010, pp. 74-84.
2. 유영근. "최소 기대 부하량을 이용한 최단경로 탐색 알고리즘 개발." 한국ITS학회논문지, 12(5), 2013, pp. 36-45.
3. 정희석, 감창호, 박창호. "Dijkstra 알고리즘을 응용한 동적 최단경로 탐색 알고리즘." 대한교통학회 학술대회지, 46, 2004, pp. 1-6.
4. Abdel-Aty, A.M., Kitamura, R. & Jovanis, P.P. "Exploring route choice behavior using geographic information system-based alternative routes and hypothetical travel time information input." Transportation Research Record, 1493, 1995, pp. 74-80.
5. Schofer, J.L/, Koppleman, F.S., and Charlton, W.A. "Perspectives on driver preferences for dynamic route guidance systems." Presented at the 76th Transportation Research Record, 1588(1), 1997, pp. 26-31.

[학위논문]

1. 백재진. 교통량 예측 기반 최적경로 탐색엔진의 개발 및 구현, 중앙대학교 대학원, 컴퓨터공학과 휴먼인터페이스 전공 석사 학위논문, 2008.08

[단행본]

1. 홍상연, 정재훈. 도로교통사고 예방 위한 위험도 평가기법 모색. 서울연구원, 2018.
2. 김준기. 교통사고에 안전한 국토 구현. 경기도: 국토연구원, 2014.
3. (No.2015-02)주요 사회경제지표와 교통지표간 상관관계. 경기도 교통 DB 센터, 2015.

[인터넷 사이트]

1. 서울 열린데이터 광장 데이터셋 <https://data.seoul.go.kr/dataList/datasetList.do>
2. 공공데이터포털 <https://www.data.go.kr/tcs/dss/selectDataSetList.do?keyword=>
3. TAAS 교통사고분석시스템 http://taas.koroad.or.kr/web/shp/sbm/initGisAnals.do?menuId=WEB_KMP_GIS_TAS
4. 어린이 교통사고 통계 / 전체 교통사고 통계 (서울시)
<https://data.seoul.go.kr/dataList/570/S/2/datasetView.do> / <https://data.seoul.go.kr/dataList/322/S/2/datasetView.do>
5. 어린이보호구역
<https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1dp1gE0XPSaXdX1cJXXxgnR2KdoRJtUUQ&ll=37.57822414467999%2C126.9675696616819&z=13>
6. 표준노드링크 관리시스템 <http://nodelink.its.go.kr/Nodelink.aspx>
7. 좌표 체계 변환 관련 사이트 <https://www.osgeo.kr/17> (중부원점 좌표계-국토지리정보원의 표준, WGS84 표준 좌표계-네이버지도 사용)
8. 파이썬 코딩을 위해 참조한 사이트 <https://github.com/GodMoonGoodman/NaverMap-Car-minimum-distance>, <https://stackoverflow.com/ko/q/11234571>, <https://www.fun-coding.org/Chapter20-shortest-live.html>