

# CCTV 영상 기반의 보행 혼잡도 안내 시스템

경희대학교 산업경영공학과 박경진, 박서연, 윤태웅

중앙대학교 소프트웨어학부 박재욱

제2회 대학생 스마트시티 아이디어 경진대회

## 혼잡道



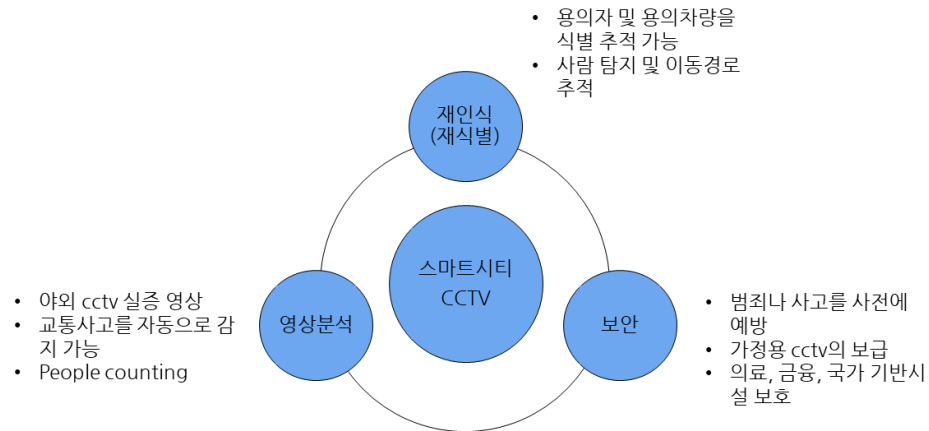
## 스마트시티에서의 CCTV

## [지능형 CCTV]

- CCTV 영상 내 특정 객체를 추적, 식별하거나 이상 행위를 자동으로 잡아냄
- 많은 영상정보를 수집, 분석하여 다양한 기관과 정보를 공유하고 연동
- 딥러닝 기반 지능형 CCTV시스템의 실증을 목적으로 추진

795만 6000여대의 CCTV가 범죄 예방과 식별, 시설물 보호 등을 위해 설치  
(2016년 기준)

→ 지능형 CCTV에 대한 관심도 증가 및 다양한 측면에서 CCTV를 활용하고자 하는 노력 증가



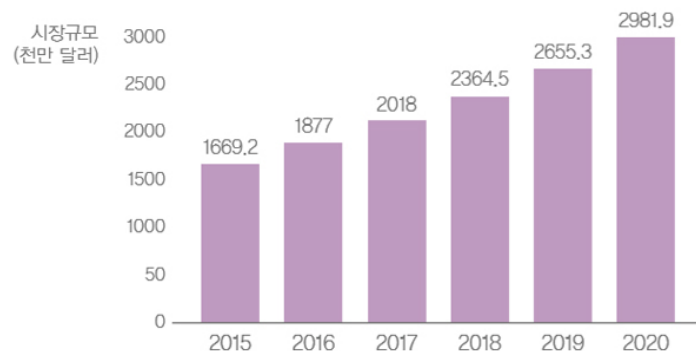
[지능형 CCTV가 화재, 쓰러짐, 폭력 상황 등을 감지]

대표적 예시: 수원시 지능형 CCTV

## CCTV 활용 사례

- 전 세계의 지능형 CCTV 시장 규모는 고성장을 지속<sup>1</sup>
- 성남시는 관내 범죄 취약지역 등 550개소를 우선적으로 선정, 이상행동이 발생한 화면만을 모니터 화면에 표출하여 영상이 효율적으로 운영되도록 함<sup>2</sup>
- 고양시에서는 CCTV의 중요성이 높아지면서 영상개인정보를 보호할 수 있는 '맞춤형 영상정보 오남용방지 내부통제솔루션' 구축<sup>3</sup>
- 전주시는 주변 CCTV 영상을 경찰서와 소방서 등에 실시간 제공하는 안전망 구축을 위한 'CCTV 영상관제 기반의 스마트시티 통합플랫폼 구축 사업' 을 추진<sup>4</sup>

➔ 다양한 분야로써 CCTV 활용 가능

전 세계 인공지능 CCTV 시장성장 추이<sup>1</sup>CCTV 스마트 선별관제시스템<sup>2</sup>

1 석주원. (2019). 인공지능 CCTV 기술 및 시장 동향. CCTV뉴스.

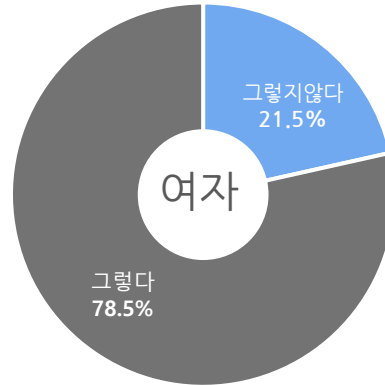
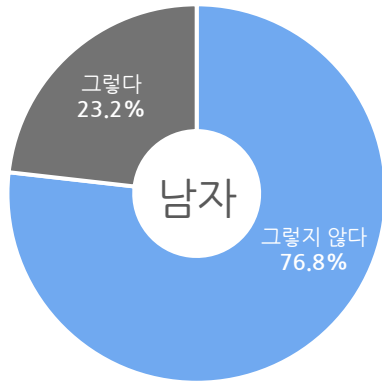
2 한철전. (2020). 성남시, 똑똑한 CCTV 지능형 관제 구축... "스마트 안전도시 구현". 경기뉴스.

3 원병철. (2020). 고양시 시민안전센터, 시민안전 위해 CCTV 영상정보관리 고도화 선택. 보안뉴스.

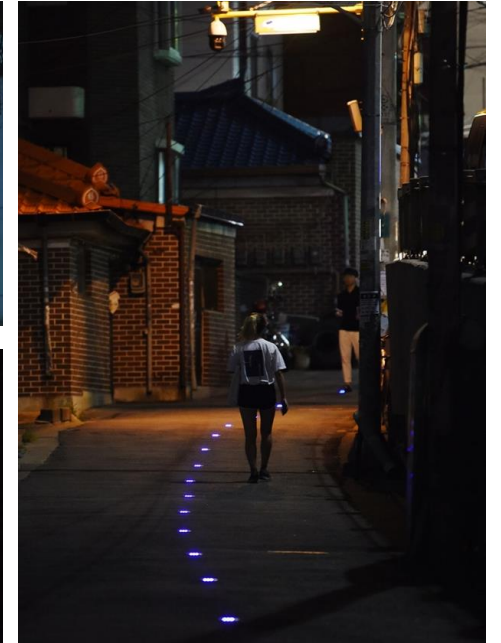
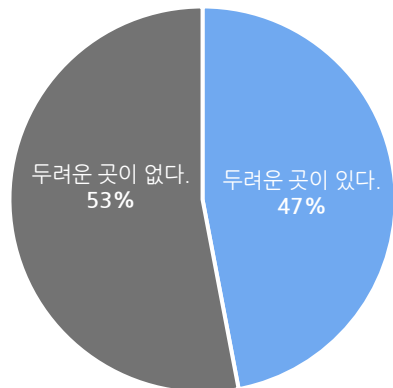
4 임호식. (2019). 2019년 영상보안 시장 결산, 그리고 2020년 전망. 보안뉴스.

## 여성 귀가

Q. 밤늦게 귀가하거나 택시를 탈 때 무슨 일이 생길까 봐 두렵다<sup>1</sup>



Q. [여성] 밤에 집 근처에 혼자 걸기가 두려운 곳이 있다<sup>2</sup>



<sup>1</sup> 통계청. (2013). 2013년 사회조사(복지, 사회참여, 문화와여가, 소득과소비, 노동) 결과.  
<sup>2</sup> 통계청. (2018). 2018년 사회조사(가족, 교육, 보건, 안전, 환경) 결과.  
 사진 출처 한국일보

## 여성 귀가



- 밤 늦게 집에 갈 때면 **자꾸만 뒤돌아보게 되고 주위를 둘러보게 됨** - 김OO(27)
- 집으로 갈 때 **가장 빠른 길보다 사람 많고 밝은 길로 돌아감** - 강OO(28)
- 뒤에서 누가 따라오는 느낌이 들면 **걸음을 재촉하게 됨** - 여OO(30)
- 룸메이트가 있을 때는 친구가 자주 데려다주거나 친구와 계속 통화하면서 갔는데, **친구가 없을 때는 매번 공포영화 찍는 느낌** - 김OO(25)<sup>1</sup>



- 밤길 두려운 여성들...**안심귀가 서비스 이용 5년새 10배 ↑**(매일경제, 2019)
- 나도 피해자 될 수도...**여성 절반 “밤 귀갓길 무서워”**(세계일보, 2019)
- "내 뒤에 누군가가"...**귀갓길이 불안한 여성들**(아시아경제, 2019)
- 계속 출몰하는 '신림동 그놈'들...**오늘도 뒤돌아본다**(연합뉴스, 2020)
- 여성들이 **안심 못 하는 ‘여성안심귀갓길’**(한국일보, 2019)<sup>2</sup>



- 야간 보행에 대한 안전도 통계에 의하면 **야간 보행이 두려운 이유로 인적이 드물어서(51.3%)가 가장 많았음**(통계청, 2018)<sup>3</sup>
- 여성 응답자의 **35.4%는 사회 안전이 ‘불안하다’**고 답했으며 불안 요소 중 ‘범죄발생’에 대한 비중이 57.0%로 가장 높은 것으로 보아 특히 여성들은 범죄에 대한 불안함을 가장 크게 느끼고 있음(여성가족부, 2019)<sup>4</sup>

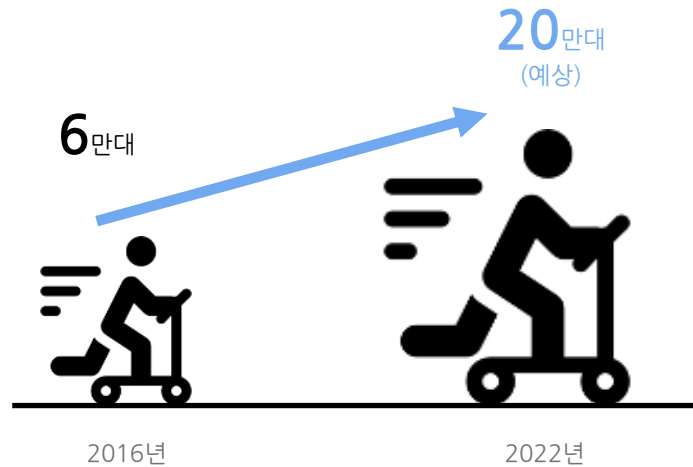
1 김민정. (2019). 늦은 밤, 당신의 귀갓길은 안전합니까?. SBS 뉴스.; SBS. (2016). 불안한 나라의 앨리스. <https://programs.nbc.co.kr/culture/sbsspecial/vod/4028/22000204042>. 이정수. (2016). 깜깜한 밤길이 무서워요 안전한 귀갓길 가이드. 캠퍼스잡앤조이.

2 최현재, 신혜림. (2019). 밤길 두려운 여성들...안심귀가 서비스 이용 5년새 10배 ↑. 매일경제.; 이진경. (2019). 나도 피해자 될 수도...여성 절반 “밤 귀갓길 무서워”. 세계일보.; 이승진. (2019). "내 뒤에 누군가가"...귀갓길이 불안한 여성들. 아시아경제.; 이은경. (2020). '계속 출몰하는 '신림동 그놈'들...오늘도 뒤돌아본다. 연합뉴스.; 박서강, 김주영, 정예진. (2019). 여성들이 안심 못 하는 '여성안심귀갓길'. 한국일보.

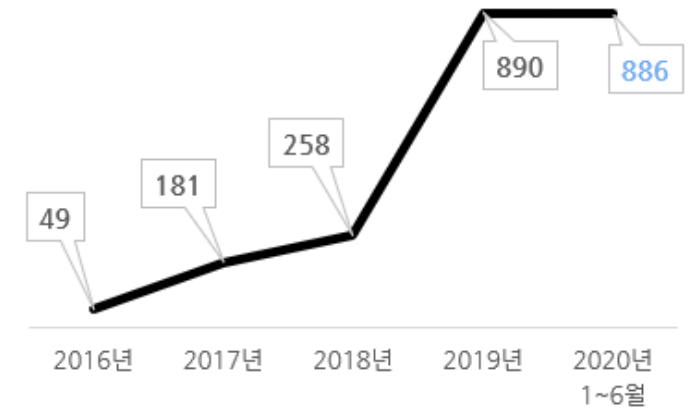
3 통계청. (2018). 2018년 사회조사(가족, 교육, 보건, 안전, 환경) 결과.

4 여성가족부, 통계청. (2019). 2019 통계로 보는 여성의 삶.

## 전동킥보드

국내 퍼스널 모빌리티 시장 규모<sup>1</sup>서울 공유 전동킥보드 현황<sup>2</sup>

2018년 12월	1곳	150여 대
2019년 11월	13곳	7500여 대
2020년 5월	15곳	1만 6580여 대
2020년 8월	16곳	3만 5850여 대

전동킥보드 교통사고 접수 건수<sup>3</sup>

1 한국교통연구원, (2017). KOTI 스마트 모빌리티 브리프, 3, 6.

2 서울특별시, (2020). 서울시-16개 공유 퍼스널 모빌리티 업체, 이용질서 확립 및 활성화 MOU 체결, 서울특별시.

3 삼성교통안전문화연구소, (2020). 교통사고 예방의 달인 시리즈, 7.

## 전동킵보드



- 오토바이와 자동차가 혼재된 차도에서는 전동킵보드를 타기 무서워서 되도록 **사람이 없는 인도나 이면도로에서 주행하고 있음** - 김OO(25)
- 차도와 인도의 구분이 없는 이면도로에서 전동킵보드 운행은 합법임에도 **길에 사람들이 많아서 지나가기가 어려움** - 이OO(24)
- 전동킵보드를 **마음 놓고 탈 도로가 없는 게 답답함**-이OO(28)
- 인도와 자전거도로가 함께 있는 겸용 도로는 **사람들이 자전거도로까지 서 있는 경우가 다반사라 사실상 인도로 달리게 됨** - 황OO(41)<sup>1</sup>



- 길건다 전동킵보드 '광'...**1년새 85%나 늘었다**(중앙일보, 2019)
- 차도·인도 넘나드는 전동킵보드...**운전자도 보행자도 불안**(SBS 뉴스, 2019)
- 인도에서 밀리고 차도에서 치이고...**'전동킵보드' 탈 곳이 없다**(조선일보, 2019)
- '전동 킵보드'의 위험한 질주...**"도심 사고 급증"** (MBC 뉴스, 2020)
- 전동킵보드 자전거도로로서 달려라? **사실상 인도서 타라는 말**(부산일보, 2020)
- **자전거도로 달릴 전동킵보드, 아직도 위험하다**(IT조선, 2020)<sup>2</sup>



- '16~'18년 전동킵보드 관련 민원 1292건 중 **전동 킵보드 운행 단속을 요청하는 민원이 38.8%**(501건)로 가장 많았음(국민권익위원회, 2019)
- '**16년**에는 전동킵보드 교통사고 접수 건수가 **49건**에 불과했으나, '**19년에는 890건**, 올해 상반기에만 **886건**을 기록하는 등 폭발적인 증가세를 보이고 있음(삼성교통안전문화연구소, 2020)<sup>3</sup>
- 자전거도로 중 보행자와 자전거 이용자가 상충할 위험이 높은 **자전거·보행자 겸용도로가 76.8%**를 차지하고 있고 **자전거 이용자의 안전성이 높은 자전거 전용도로는 17.2%에 불과함**(감사원, 2019)<sup>4</sup>

1 심민규, (2020). 도심의 새 명물 전동킵보드 체험기, 월간중앙.; 오현지, (2019). 공유 '전동킵보드' 타보니...빠르지만 도로 위 애물단지 신세, 매일경제.; 이강진, (2020). 무법 '공유 킵보드'... 인도·차도 넘나들며 목숨 건 질주, 세계일보.;

2 강갑생, (2019). 길건다 전동킵보드 '광'...1년새 85%나 늘었다, 중앙일보.; 안서현, (2019). 차도·인도 넘나드는 전동킵보드...운전자도 보행자도 불안, SBS 뉴스.; 조지훈, 김지훈, (2019). 인도에서 밀리고 차도에서 치이고...전동킵보드' 탈 곳이 없다, 조선일보.; 홍의표, (2020). 전동 킵보드'의 위험한 질주...도심 사고 급증, MBC 뉴스.; 황석하, (2020). 전동킵보드 자전거도로서 달려라? 사실상 인도서 타라는 말, 부산일보.; 이광영, (2020). 자전거도로 달릴 전동킵보드, 아직도 위험하다, IT조선.

3 삼성교통안전문화연구소, (2020). 교통사고 예방의 달인 시리즈, 7.

4 국민권익위원회, (2019). 빅데이터로 보는 국민의 소리, 509, 11-15.; 감사원, (2019). 자전거 이용 및 안전관리 실태, 감사 보고서, 9-12.



## CCTV 영상 기반의 보행 혼잡도 안내 시스템, 혼잡도

거리 내 CCTV 영상 분석을 통한 단위 면적당 보행자 수를 근거로  
거리 내 혼잡 상태를 ‘여유’, ‘보통’, ‘혼잡’, ‘매우 혼잡’ 4단계로  
정의해 **사용자에게 혼잡도 정보를 제공하는 안내 시스템**

기능 1 : 혼잡도 정보 제공

기능 2 : 혼잡도를 반영한 길 안내

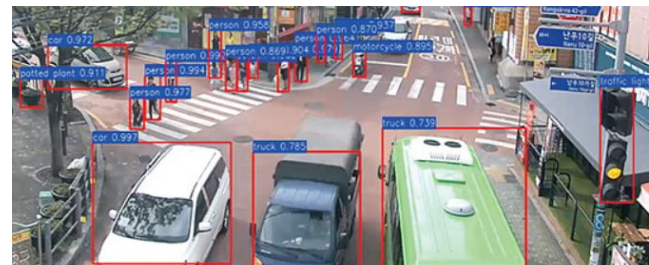


## CCTV 영상 기반의 보행 혼잡도 안내 시스템, 혼잡도

거리 내 CCTV 영상 분석을 통한 단위 면적당 보행자 수를 근거로 거리 내 혼잡 상태를 ‘여유’, ‘보통’, ‘혼잡’, ‘매우 혼잡’ 4단계로 정의해 사용자에게 혼잡도 정보를 제공하는 안내 시스템

## 기능 1. 혼잡도 정보 제공

- CCTV 영상을 기반으로 YOLO 알고리즘을 활용하여 길거리의 혼잡도 분석
  - 단위 면적당 인원 수의 값을 계산
  - CCTV가 비추는 영역의 면적 계산 후 CCTV 영상 내 인원 수 / 면적
  - CCTV 영상을 분석하는 과정에서 발생할 수 있는 개인정보 문제는 마스킹 기능을 활용하여 해결 가능(우측 아래 사진)
- 사용자는 자신의 목적에 따라 특정 혼잡 상태만을 선택하여 확인 가능



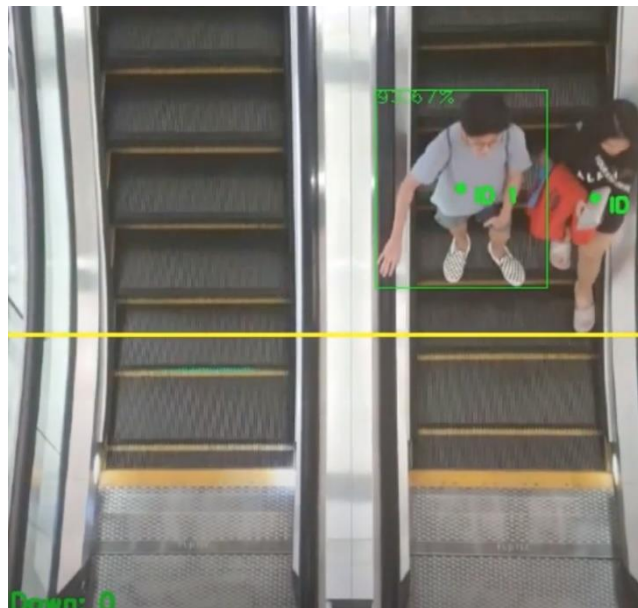

## 기능 2. 혼잡도를 반영한 길 안내

- 여성 안심 귀갓길 안내
  - 보행자 내비게이션을 활용해 실시간으로 사람들이 많은 곳으로 길을 안내해주는 서비스 제공
- 전동킥보드 길 안내
  - 인도와 자전거도로가 함께 있는 겸용도로와 이면 도로 중 보행자가 적은 곳으로 길을 안내해주는 서비스 제공



## 보행자 검출 및 계수

- YOLO를 이용해 CCTV상의 보행자를 인식을 하고 해당 오브젝트에 대한 트래킹을 시작
- 트래킹 되고있는 오브젝트에 대한 카운트 = 해당 도로의 사람 수
- 도로 면적 : CCTV가 촬영하는 부분의 보행로 면적



```
# draw a horizontal line in the center of the frame -- once an
# object crosses this line we will determine whether they were
# moving 'up' or 'down'
cv2.line(frame, (0, count_limit), (width, count_limit), (0, 255, 255)

# construct a blob from the frame, pass it through the network,
# obtain our output predictions, and initialize the list of
# bounding box rectangles
blob = cv2.dnn.blobFromImage(frame, 0.00392, (frame_size, frame_size)
net.setInput(blob)
outs = net.forward(output_layers)
rects = []

# Showing informations on the screen
confidences = []
boxes = []

for out in outs:
    for detection in out:
        scores = detection[5:]
        class_id = np.argmax(scores)
        confidence = scores[class_id]
        # Filter only 'person'
        if class_id == 0 and confidence > min_confidence:

            # Object detected
            center_x = int(detection[0] * width)
            center_y = int(detection[1] * height)
            w = int(detection[2] * width)
            h = int(detection[3] * height)

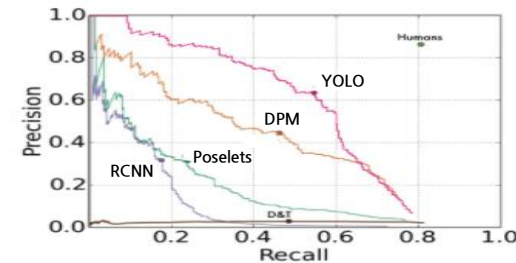
            # Rectangle coordinates
            x = int(center_x - w / 2)
            y = int(center_y - h / 2)
```

## YOLO (YOU LOOK ONLY ONCE) 단일 단계 방식의 객체 탐지 알고리즘

- YOLO는 물체 인식을 수행하기 위해 고안된 심층 신경망으로서, 테두리 상자 조정과 분류를 동일 신경망 구조를 통해 동시에 실행하는 통합 인식을 하는 특징을 갖는다.

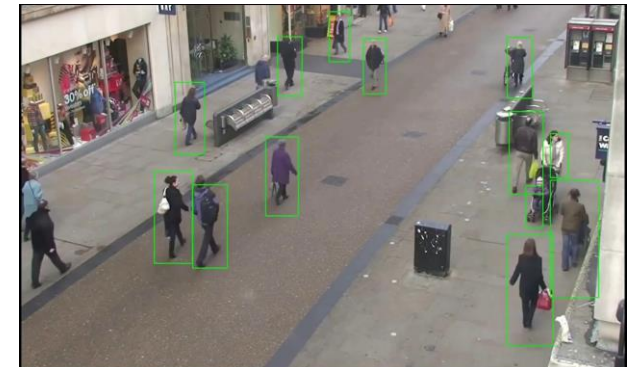
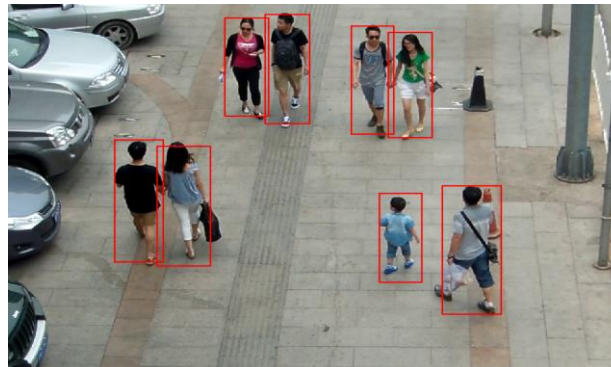
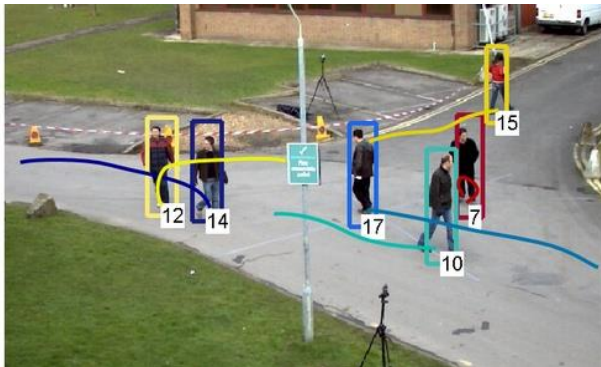
종류	mAp	Fps (Titan X GPU)	우선순위
YOLO V2	76.8	67 Fps	1
SSD 500	75.5	58 Fps	2
SSD 300	72.1	58 Fps	3
Faster R-CNN	73.2	7 Fps	4
Fast R-CNN	68.4	-	5

Titan X GPU를 이용한 실시간 객체 인식 알고리즘 처리결과



피카소의 인물화를 Dataset 으로한 알고리즘 별 정확도

- YOLO의 처리속도(fps)은 버전에 따라 45 ~ 155로 측정되고 Proposal방식을 사용하는 R-CNN와 비교해 훨씬 빠른 성능을 보이며 더 정확한 인식을 하고 실시간 분석에 유리함.
- SSD(Single Shot Detector)와 비교했을때, 처리속도와 정확도에서 YOLO와 거의 비슷한 성능을 보이지만 사용하기 어렵다는 단점이 있음.



## 혼잡도

혼잡도 : 단위면적( $1\text{m}^2$ ) 내에 있는 사람 수 (보행자 수 / 면적( $\text{m}^2$ ))

\*보행자 수 : CCTV가 촬영하고 있는 곳의 사람 수

\*면적 : CCTV가 촬영하고 있는 보행로의 면적

- 사용자가 안심 귀가 모드를 선택하면 거리 내 혼잡 상태 중 ‘여유’를 제외한 ‘보통’, ‘혼잡’, ‘매우 혼잡’ 상태의 거리만 지도에 표시됨
- 사용자가 퍼스널 모빌리티 운행 모드를 선택하면 이면 도로, 인도와 자전거도로가 함께 있는 겸용도로 중 거리 내 혼잡 상태가 ‘여유’, ‘보통’, ‘혼잡’ 인 거리만 지도에 표시됨(인도만 있는 경우는 법적으로 운행이 불가하므로 표시되지 않음)

## 혼잡도 기준



여유 (0 ~ 0.05)  
예시



여유 (0 ~ 0.05) : 원활한 보행 가능 / 퍼스널 모빌리티 원활한 운행 가능



## 혼잡도 기준



보통 (0.05 ~ 0.1)  
예시



보통 (0.05 ~ 0.1) : 원활한 보행 가능 / 퍼스널 모빌리티 원활한 운행 가능

## 혼잡도 기준



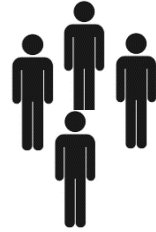
혼잡 (0.1 ~ 0.15)  
예시



혼잡 (0.1 ~ 0.15) : 보행 가능 / 퍼스널 모빌리티 운행 약간 불편



## 혼잡도 기준



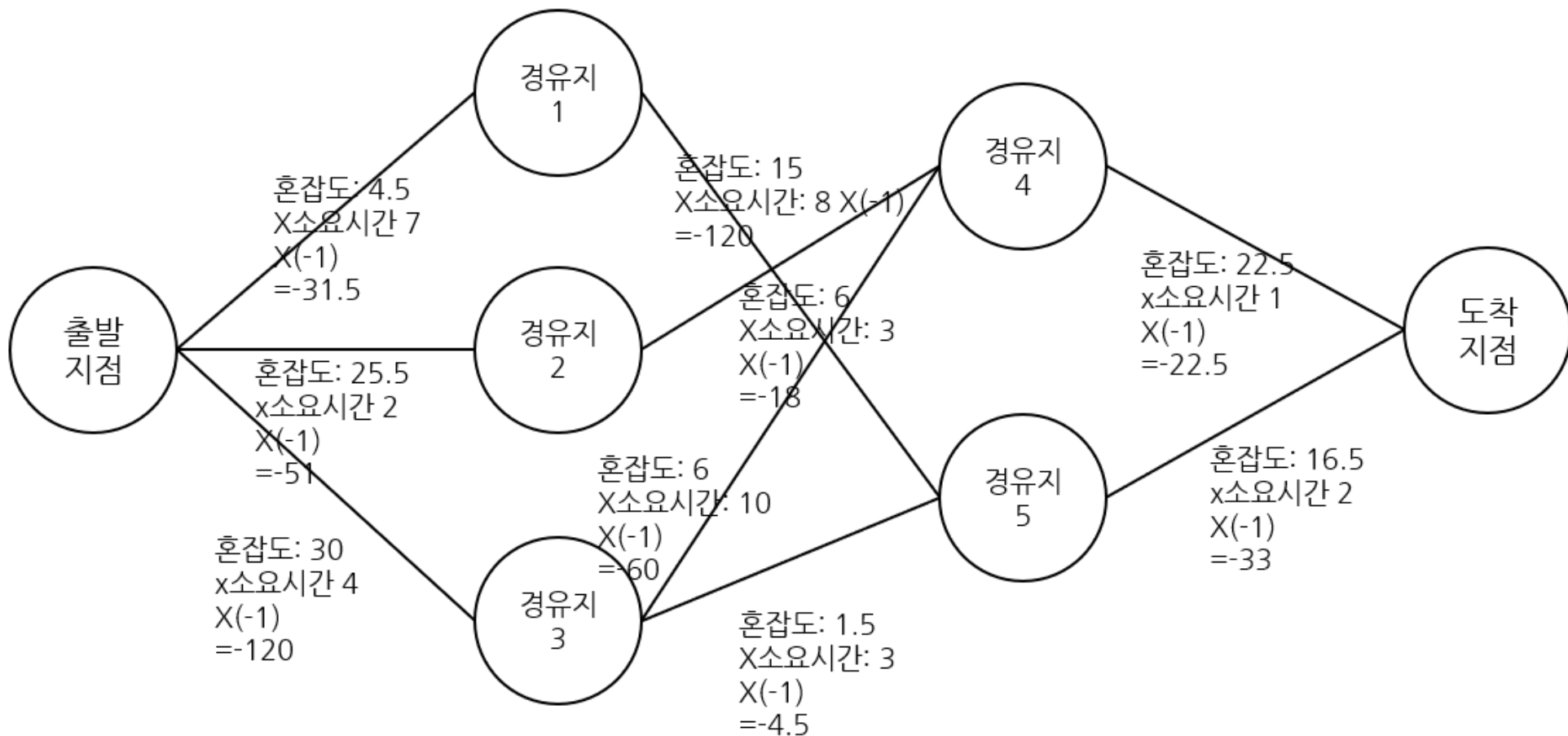
매우 혼잡 (0.15 ~)  
예시



매우 혼잡 (0.15 ~ ) : 보행 불편 / 퍼스널 모빌리티 운행 매우 불편

## 구체적 알고리즘 - 혼잡(안심 귀가 모드)

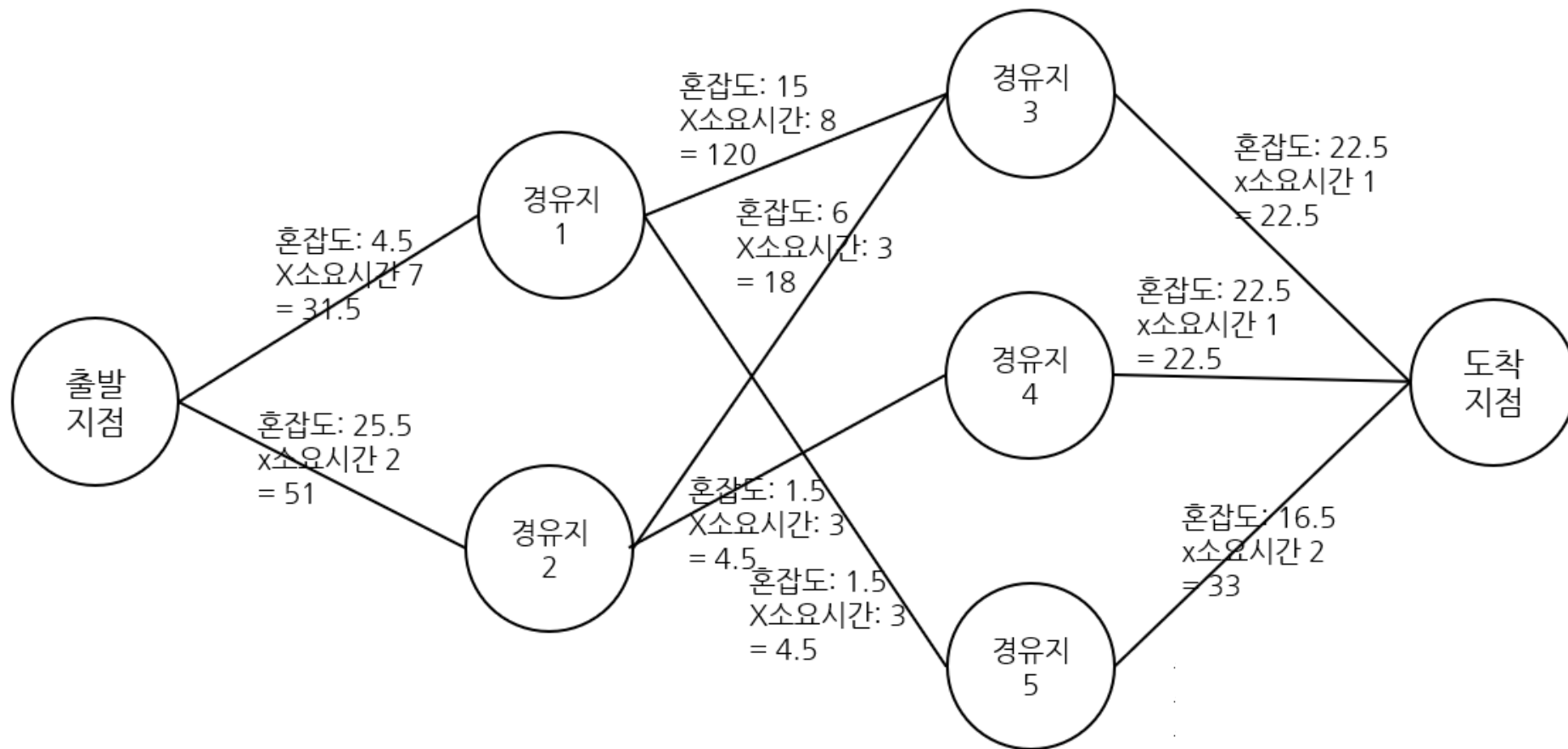
출발지점에서 도착지점으로 가는데 5개의 경유지를 거치고, 혼잡도와 소요시간이 다음과 같다고 가정하면, 혼잡도X소요시간X(-1)로 표현되어지는 음수 값들의 합이 가장 큰 경로로 안내하고, 최적 대안을 3개까지 추천의 형식으로 표시하여 선택할 수 있게 한다. 또한, 경로마다 혼잡도를 표시하여 사용자의 의사결정에 활용할 수 있게 한다.



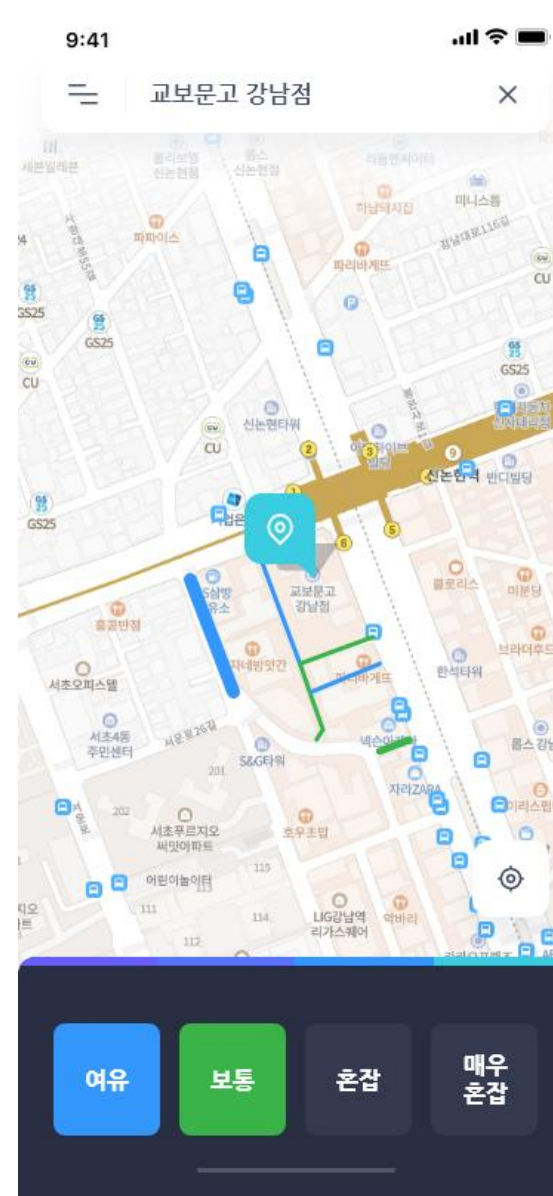
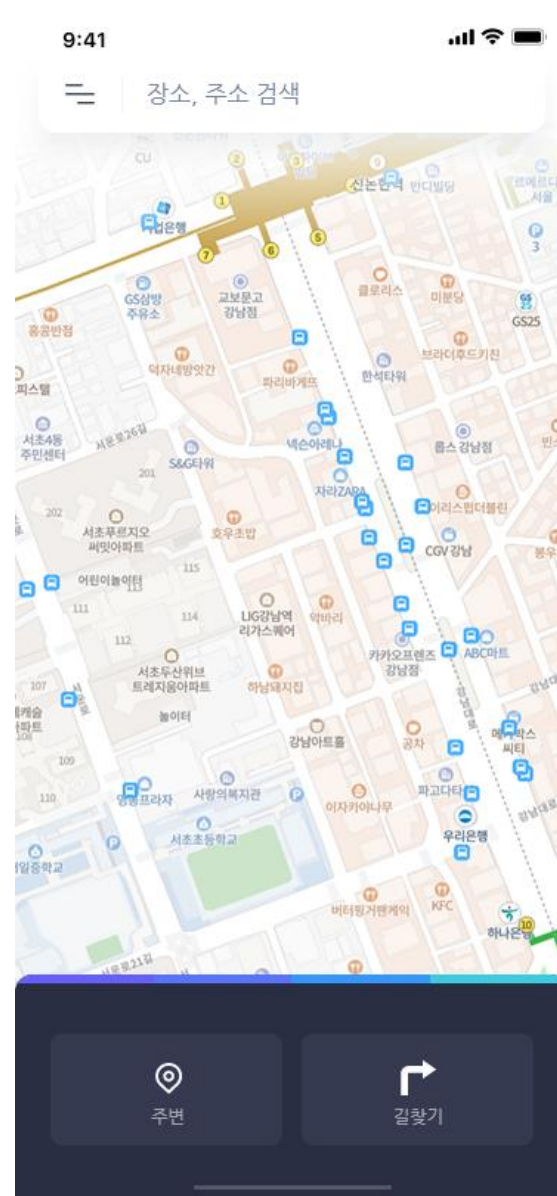
➔ 상기 예시와 같이, 여성안심귀가의 경우 혼잡도가 비교적 낮은 길보다 높은 길로 우선하여 안내한다.

## 구체적 알고리즘 - 비혼잡(퍼스널 모빌리티 운행 모드)

출발지점에서 도착지점으로 가는데 5개의 경유지를 거치고, 혼잡도와 소요시간이 다음과 같다고 가정하면, 혼잡도X소요시간으로 표현되어지는 값들의 합이 가장 작은 경로로 안내하고, 최적 대안을 3개까지 추천의 형식으로 표시하여 선택할 수 있게 한다. 또한, 경로마다 혼잡도를 표시하여 사용자의 의사결정에 활용할 수 있게 한다.



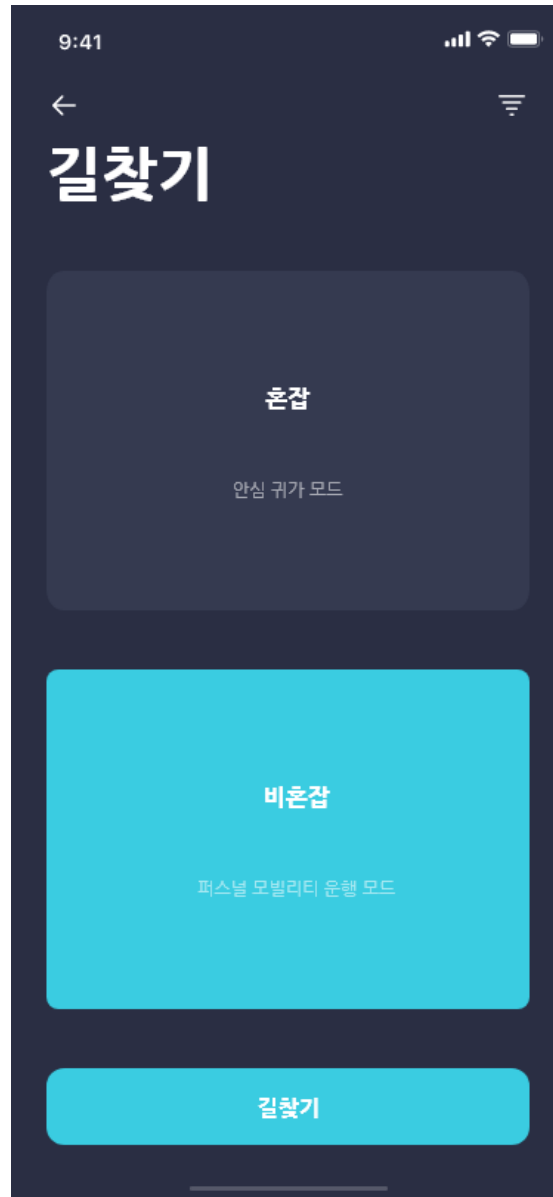
➔ 상기 예시와 같이, 퍼스널 모빌리티 운행모드의 경우 혼잡도가 높은 곳보다 낮은 길로 우선하여 안내한다.



- 주변 혼잡도 보기와 길찾기 서비스 제공
- 현위치 혹은 장소, 주소 검색을 통해 원하는 지역의 혼잡도 확인 가능
- '여유', '보통', '혼잡', '매우 혼잡' 중 사용자가 보고 싶은 혼잡 상태만 선택하여 확인 가능



- 길찾기 서비스 이용시 먼저 혼잡 우선, 비혼잡 우선 중 원하는 모드 선택
- 모드 선택 후 출발지와 도착지를 입력하면 사용자가 선택한 모드에 따른 혼잡도와 시간, 거리를 고려하여 경로 추천
- 각 경로에 대한 혼잡도를 표시하여 경로 선택 가능



## 1. 안심 귀가



- ‘여성 안심귀가 서비스’는 각 구마다 분기별 약 11억원 정도의 예산이 소요된다.<sup>1</sup> 본 시스템(혼잡도)을 활용하면, ‘여성 안심귀가 서비스’의 수요에 대한 부담을 줄일 수 있어 예산을 절감하는데 도움이 될 것이다.
- 혼잡도가 ‘여유’인 구역 위주로 순찰을 집중해 제한된 인원에 대한 효율을 높일 수 있다.

## 2. 심리적 안정감



- 본 시스템을 통해 인적이 드문 곳을 지나가는 것을 피할 수 있어 “범죄에 노출됐다는 느낌” 등의 불안감을 일정 부분을 해소할 수 있다.
- 초행인 길을 다닐 때, 혼잡도와 함께 길 안내 서비스도 진행되어 상대적 불안감을 해소할 수 있다.

## 3. 수요 파악



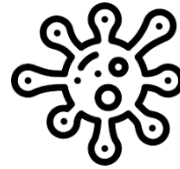
- 특정 서비스 혹은 활동이 혼잡도가 높은 곳을 필요로 하는 경우 본 시스템을 통해 정보를 얻을 수 있다.(ex. 택시기사, 대면 설문조사)
- 보행 혼잡도가 높은 곳을 통해서 필요한 공공서비스를 제공할 수 있다.(ex. 가로등, 횡단보도)

## 4. 퍼스널 모빌리티



- 퍼스널 모빌리티 사용자에게 혼잡도 분석에 따라 덜 혼잡한 거리 위주로 경로를 안내해 주행에 있어 **보행자를 최대한 마주치지 않게 하여 보행자와 퍼스널 모빌리티 사용자 모두의 안전을 제고할 수 있다.**
- 퍼스널 모빌리티 사용자가 자주 이용하는 구간에 대한 데이터 수집을 통해서 퍼스널 모빌리티 기업에 대한 **효율성 증대**

## 5. 감염병 예방



- 사람이 적은 곳을 한 눈에 파악 할 수 있어 **사람 간 접촉을 최소화 시켜 감염병의 확산을 예방하는 효과를 얻을 수 있다.**

## 6. 기타

# ETC

- 공황장애, 대인기피증 혹은 개인적 성향에 따라 사람이 없는 경로로의 이동을 선호하는 경우 **외출 시 본 시스템을 통해 원치 않는 접촉을 피할 수 있다.**
- 자주 혼잡해지는 구간에 대한 데이터를 수집하여 이 정보를 기반으로 **각 지자체에서 이에 맞는 정책을 수립할 수 있다.**



## 아이디어 요약 및 의의

1. 보행 혼잡도 안내 시스템을 이용한 **안전 증대**
2. 혼잡도 표시를 통한 사용자들의 **의사결정 보조**
3. 여성 안전 관련 서비스의 효율적 운영과 퍼스널 모빌리티 관련 사고 방지 등을 통한 다양한 **사회적 편익 발생** 가능
4. **한국토지주택공사**의 스마트시티 사업의 기대효과(편리, 안전, 친환경 등을 통한 도시민의 만족도 향상)의 적용 가능성 및 시민체감형 서비스<sup>1</sup> 운영방침을 만족한 사업 진행 가능

보완점 및 향후 연구 방향

1. 최적화를 위한 보다 더 정교한 혼잡도 분석 및 경제성 예측
2. 서비스 주요 타겟의 확장 및 서비스의 접근성 제고를 위한 방법 모색
3. CCTV가 부재한 지역에서의 활용 제한에 대한 대책 필요

감사합니다.