

주행 소리 AI 분석 기반 실시간 노면위험정보 알림 솔루션

음향식 노면검지 시스템 : ARHIS

2022. 07

스마트 건설 챌린지



빈번하고 치명적인 결빙 사고

음향식노면검지기 : 주행 소리 AI 분석 기반
실시간 노면위험정보 알림 솔루션

- ✓ 블랙아이스 등, 결빙으로 인한 교통사고는
세계 여러나라에서 발생되고 있음



Korea 2020



Texas, US 2021



Japan 2020



Michigan, US 2016

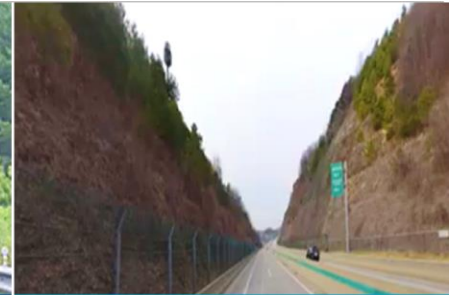
- ✓ 도로 결빙은 교량, 터널 입출구, 계곡, 응달, 곡선, 급경사
구간에 자주 발생되고 있음



교량 구간



터널 입출구 구간



계곡 통과구간



응달 구간



곡선 구간



급경사 구간

'결빙류 추정' → '결빙류 검지' 패러다임 전환 필요

음향식노면검지기: 주행 소리 AI 분석 기반
실시간 노면위험정보 알림 솔루션

- ✓ 불확실정보 (온습도/기상예보)에 기반한 추정.
출동인력 (비용/위험) 에 의존

- ✓ 실제 발생 여부를 검지하는,
실시간 상시 모니터링 체제의 효과적인 대책 필요

As-is

기상예보 및 온습도 정보에 의존 (영상4도 이하, 습도 80% 이상)

부정확

과잉 대응
→ 민원 소지, 예산 낭비

부족 대응
→ 사고 유발

순찰 인력에 의존

모니터링 주기가 너무 김
→ 급변하는 기상상태 대응 불가

한정된 자원으로 실시간 모니터링 불가
→ 인력비용, 관리비용 증가

To-be

1

실시간! 상시! 정확한! 모니터링

과잉/부족 대응 방지

실제 상황과
오차율 '0' 수렴

실시간 모니터링

2

비용 절감

순찰인력 불필요

단위구간당 구축비용 최소화

3

ITS 와 연계

교통정보와 통합적으로
위험요소의 정보화 및 관리

신속한 대응 체계 수립

실시간 노면위험정보시스템 필요 !

음향식노면검지시스템 원리 - 노면상황에 따라 소리의 주파수와 진폭이 다름

음향식 노면검지기 : 주행 소리 AI 분석 기반 실시간 노면위험정보 알림 솔루션



음향 센서로
주행 소리 취득



AI 로
노면 상태 판단



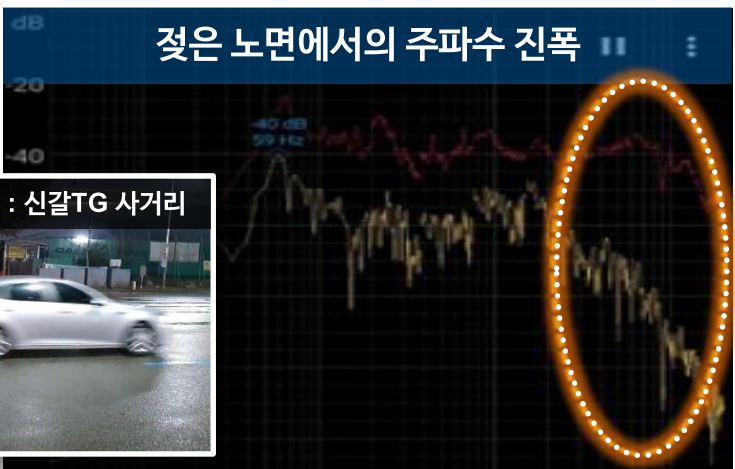
ITS로
정보 전달



VMS 즉시 경고
실시간 대응



젖은 노면에서의 주파수 진폭



마른 노면에서의 주파수 진폭



“ 노면상태에 따른 주행소리 특성에 기반, AI가 노면을 실시간 판별 ”

ARHIS 서비스 개요 - ITS 연동 시나리오

음향식노면검지기 : 주행 소리 AI 분석 기반
실시간 노면위험정보 알림 솔루션

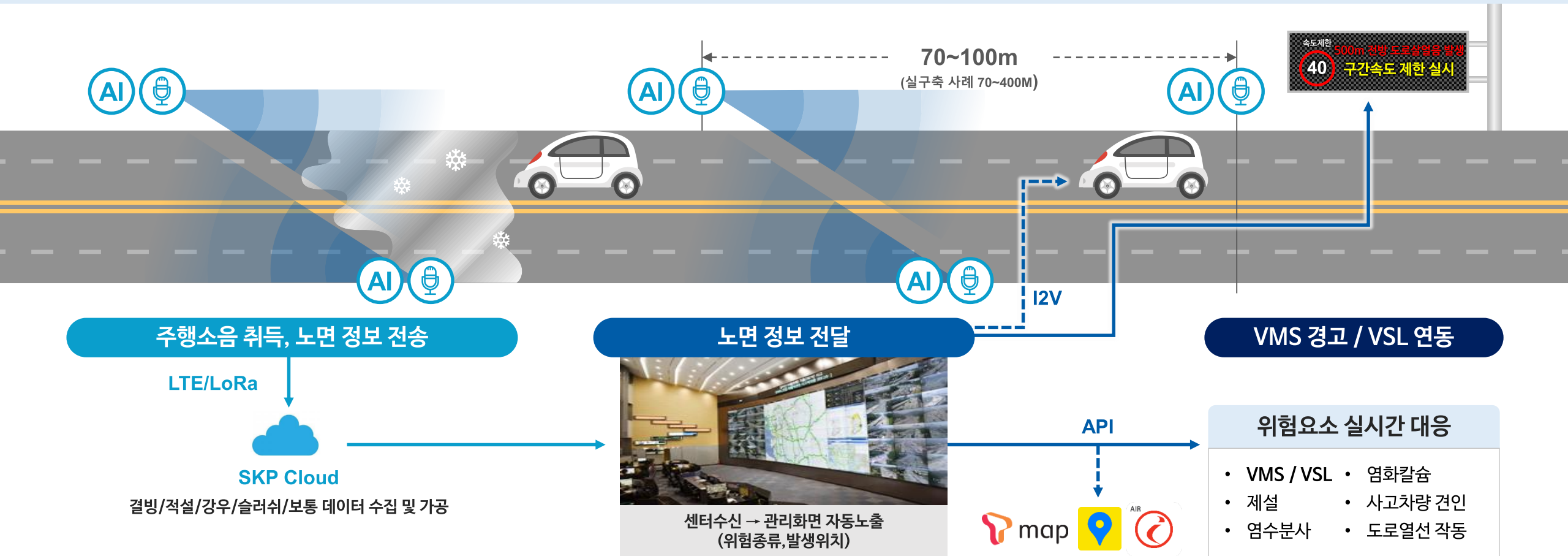
✓ 결빙취약구간 70~100m 간격으로 함체 설치

✓ 즉각적인 VMS 경고 및 대응 (제설, 재난대응, 순찰인력출동)

각 함체에서 자체적으로 AI 소리 분석 및 노면 판별

위험 정보 (종류, 위치, 발생시각) 서버로 전송

ITS로 전달

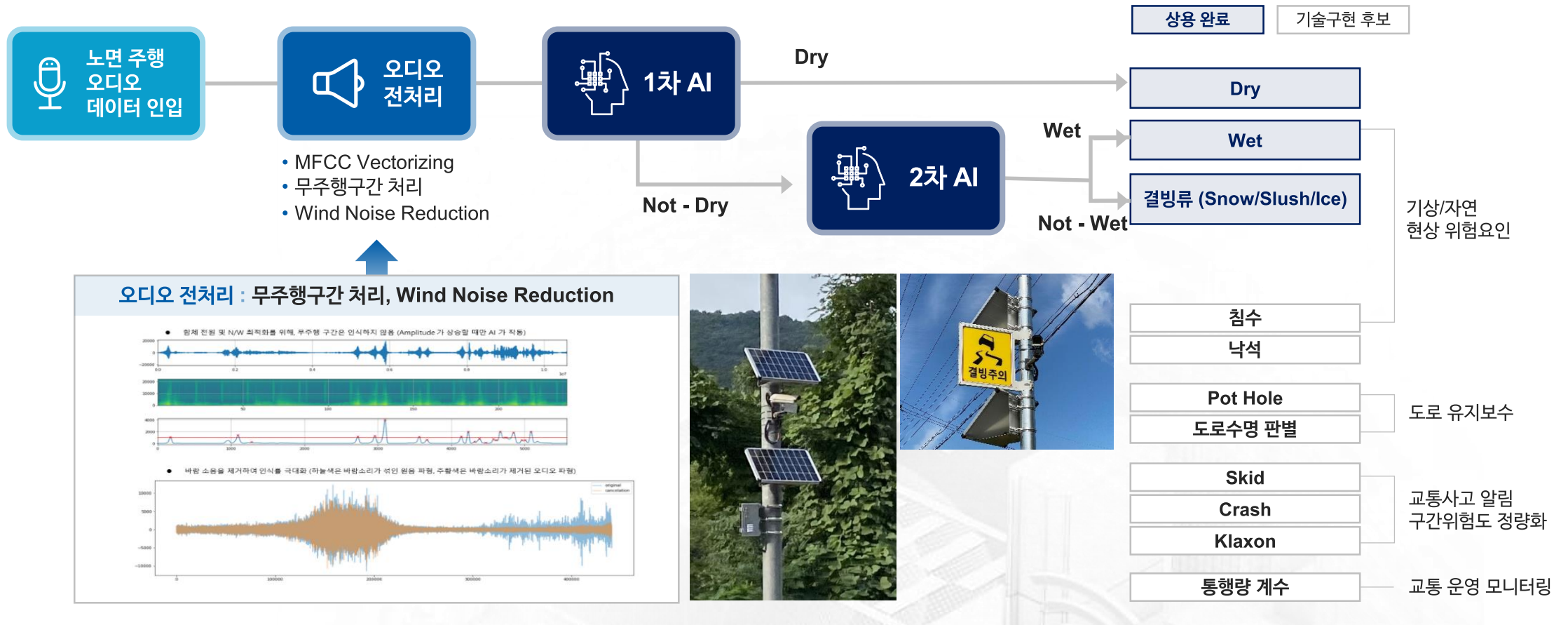


ARHIS Edge Computing Unit 기능 구조도

음향식노면검지기: 주행 소리 AI 분석 기반
실시간 노면위험정보 알림 솔루션



- ✓ 노면에서 수집한 주행 음향 데이터 중 바람 소리와 같은 변수를 제거하는 전처리를 거쳐,
1차 AI는 노면의 Dry/Not-Dry 판단, Not-Dry 일 경우, 2차 AI가 Wet/결빙류를 판단함

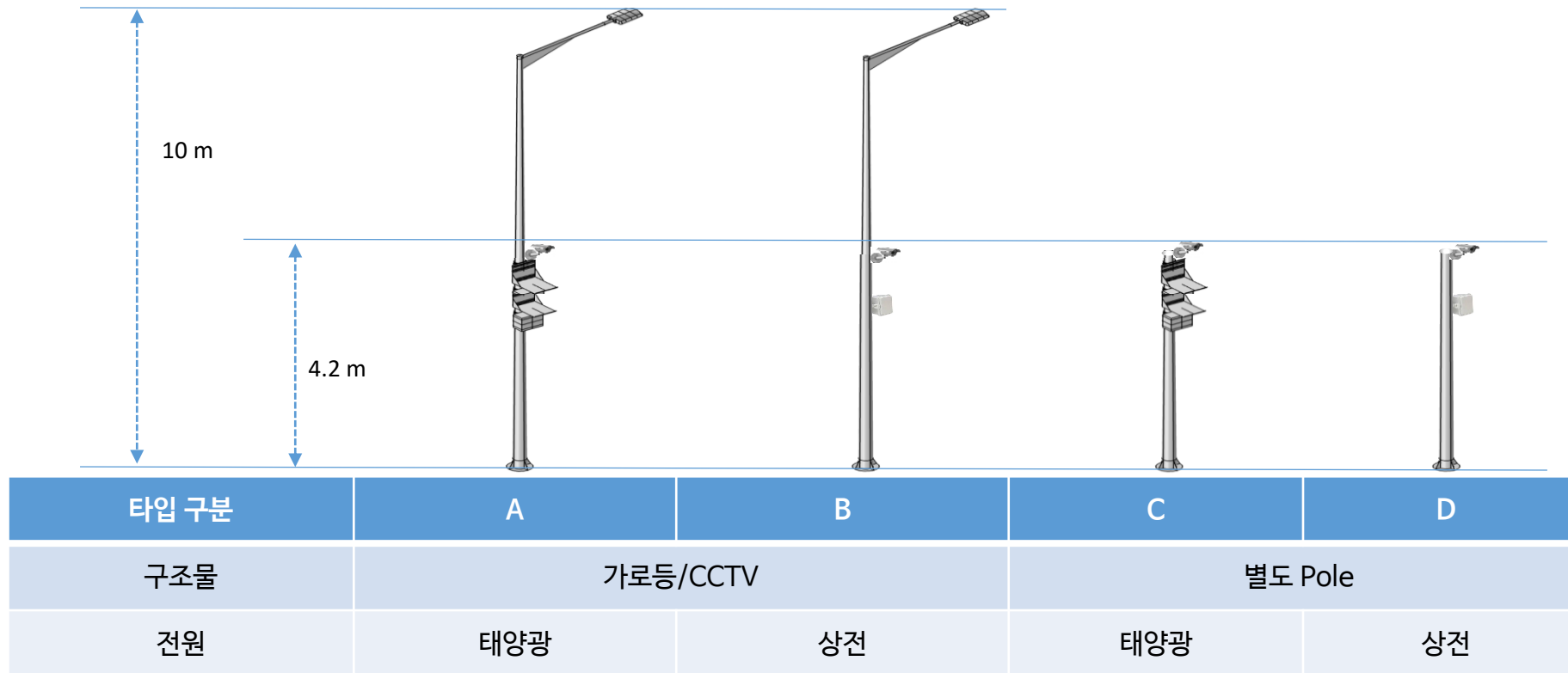


ARHIS 현장 장비 설치 구조

음향식노면검지기 : 주행 소리 AI 분석 기반
실시간 노면위험정보 알림 솔루션

- ✓ 도로 위 교통 가설물(CCTV/가로등) Pole에 설치
또는 별도 Pole 신설하여 설치

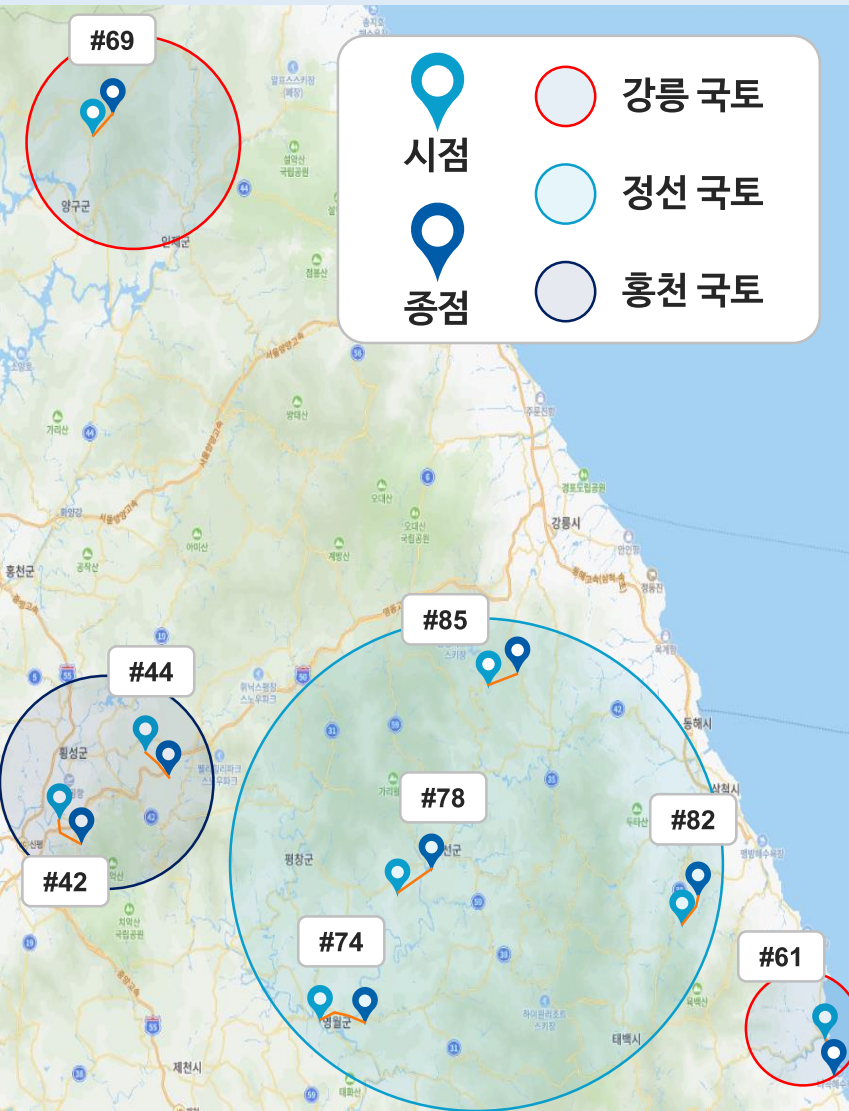
- ✓ 전기 누선이 가능할 경우 상전으로 운영
또는 태양광 발전으로 운영 - 전력소비량 : 약 휴대폰 1대



ARHIS 구축 사례 : 강원 국도 ▪ 지점 추정 → 구간 검지 방식으로의 전환

음향식도면검지기 : 주행 소리 AI 분석 기반
실시간 노면위험정보 알림 솔루션

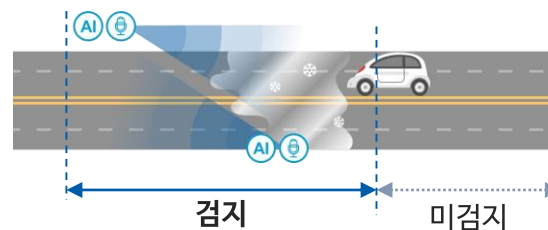
- ✓ 원주청 결빙취약 총 52구간('22.2월 기준)중 8구간 선정, 왕복 연장 73km, 318 개소 구축 완료 - '21.11
- ✓ 결빙위험정보 커버리지 확대로 서비스 제공 신뢰도 향상 기존 10개 온습도 정보로 추정 → 변경 31.8km(해당 구간 48%) 구간 검지



고밀도 : 66%~ / 중밀도 : 26%~65% / 저밀도 : ~25%

	신규연번	노선	관리기관	주소(시점)	국소(개)	실연장(m)	검지커버리지(m)	검지비율(%)	밀도구분
1	42	5	홍천국토	원주시 소초면	18	4,710	1,800	38%	중밀도
					25	4,710	2,500	53%	
2	44	6		횡성군 우천면	26	3,590	2,600	72%	
			정선국토		18	3,530	1,800	51%	
3	74	31		영월군 영월읍	23	6,500	2,300	35%	
					28	6,600	2,800	42%	
4	78	38		정선군 신동읍	30	4,500	3,000	67%	고밀도
					29	4,530	2,900	64%	
5	82	38	강릉국토	삼척시 도계읍	30	4,540	3,000	66%	저밀도 편도운영
					30	4,540	3,000	66%	
6	85	42		정선군 여량면	17	6,820	1,700	25%	중밀도
7	61	7		삼척시 원덕읍	8	1,600	800	50%	
					13	2,000	1,300	65%	
8	69	46		인제군 북면	12	4,000	1,200	30%	
					11	4,100	1,100	27%	
계					318	66,270	31,800	48%	

1 국소당 소리가 닿는 70~100m를 검지



ARHIS

VS

AS-IS

총 연장의 31.8km(48%)
‘구간검지’ 범위에 포함

구간 당 1개 온습도데이터가
‘지점추정’ 기제로 사용

ARHIS AI 노면 검지 성능

음향식노면검지기 : 주행 소리 AI 분석 기반
실시간 노면위험정보 알림 솔루션

- ✓ 1차 AI 는 Excellent 수준(0.9) 이상, 2차 AI 는 Good 수준 (0.8)이상 이며
- ✓ 후처리(최빈값 로직 등) 를 통한 시스템 최종 출력 정확도는 각각 96.8%, 92% 이상

구분		성능
 1차 AI (Dry or Not-Dry)	AUROC	0.912 (실시스템 국소별 AUROC 평균값)
	시스템 최종 출력 정확도	96.8 % (실시스템 실출력 참값 비교대조값)
 2차 AI (Wet or Icy)	AUROC	0.803 (로컬테스트 AUROC 평균값)
	시스템 최종 출력 정확도	92.0 % 이상 (로컬테스트 후처리값)

- ▶ 시스템 최종 출력은 '**최빈값**(最頻-, mode)' 적용 등의 후처리를 거침
- ▶ **최빈값** 로직 | AI 추론 주기는 0.25초 이며, 1분 동안의 240개의 AI 추론값 중 지배적인 값을, 해당 1분에 대한 '**대표값**'으로 최종 출력 함

ARHIS AI 노면 검지 성능

검지 성능 근거 자료

음향식노면검지기: 주행 소리 AI 분석 기반
실시간 노면위험정보 알림 솔루션

- ✓ 1차 AI AUROC 0.912, 시스템 최종 출력 정답율 96.8%
 - 3/25 22시~3/26 05시, 강원 전역 '비' 상황 – 30,661 개 시스템 출력값 분석 결과
- ✓ 2차 AI AUROC 0.803, 시스템 최종 출력 정답율 92.0%
 - 결빙류 데이터 확보된 5개 함체 대상, 1,750 개 출력값 로컬 테스트 결과

1차 시스템 출력 AUROC 0.9120

ARHIS 시스템
전체 평균

1차 최종출력 정답율

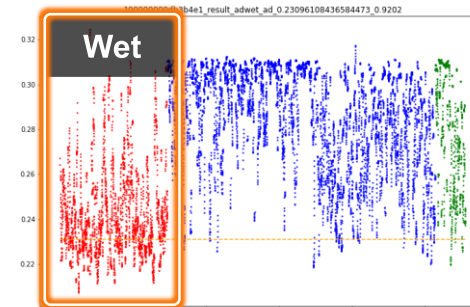
96.8%

최종 출력

DRY	828	2.7%
WET	29,669	96.8%
OTHERS	-	0.5%
TOTAL	30,661	100.0%

	A	B	C	D
1	deviceId	mse	roadType	mseAt
2	1000000002416f89	0.021411228	WET	2022-03-26 0:21
3	1000000002416f89	0.022414078	WET	2022-03-25 22:11
4	1000000002416f89	0.023923894	WET	2022-03-25 22:37
5	1000000002416f89	0.023923894	WET	2022-03-25 22:38
6	1000000002416f89	0.024369472	WET	2022-03-25 23:17
7	1000000002416f89	0.024369472	WET	2022-03-25 23:18
8	1000000002416f89	0.024369472	WET	2022-03-25 23:19
9	1000000002416f89	0.024430626	WET	2022-03-25 22:25
10	1000000002416f89	0.024430626	WET	2022-03-25 22:26
11	1000000002416f89	0.024453112	WET	2022-03-25 22:32
12	1000000002416f89	0.024466734	WET	2022-03-25 22:39

2차 AI 예시 데이터



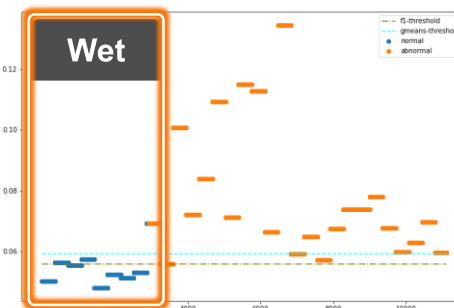
2차 AUROC

0.9202

최빈값 로직

2차 최종출력 AUROC

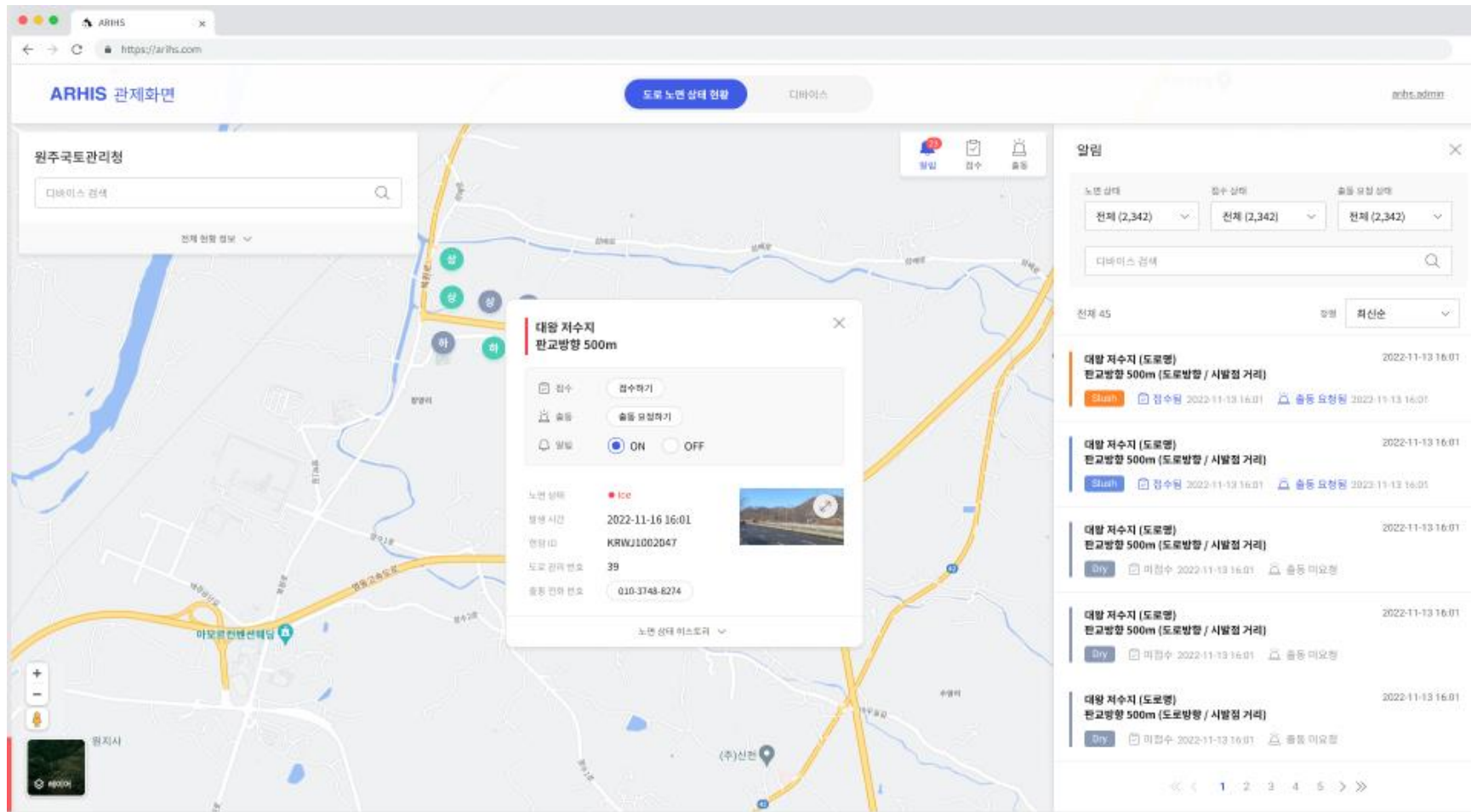
0.9750



ARHIS 관제화면 제공

음향식노면검지기: 주행 소리 AI 분석 기반
실시간 노면위험정보 알림 솔루션

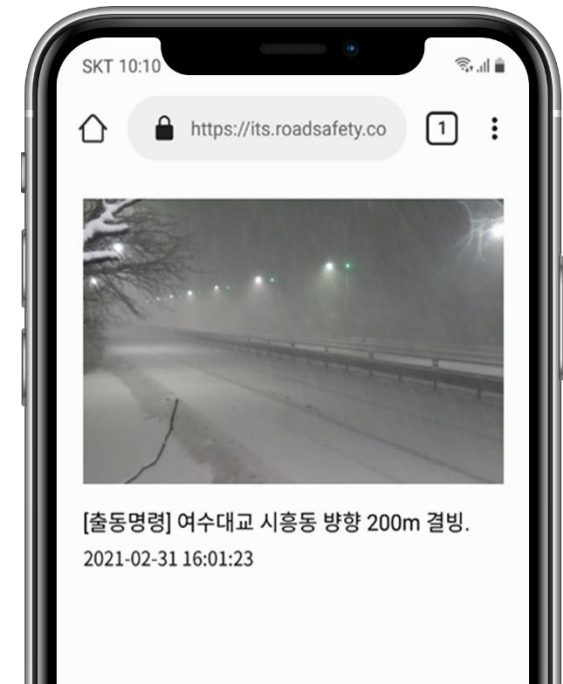
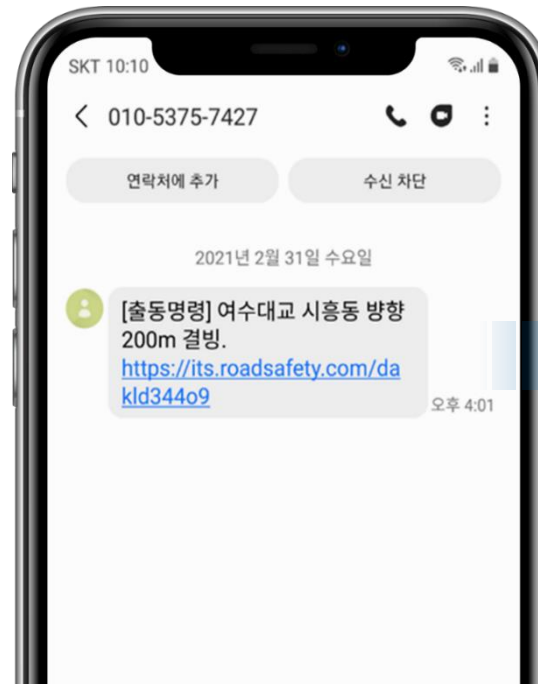
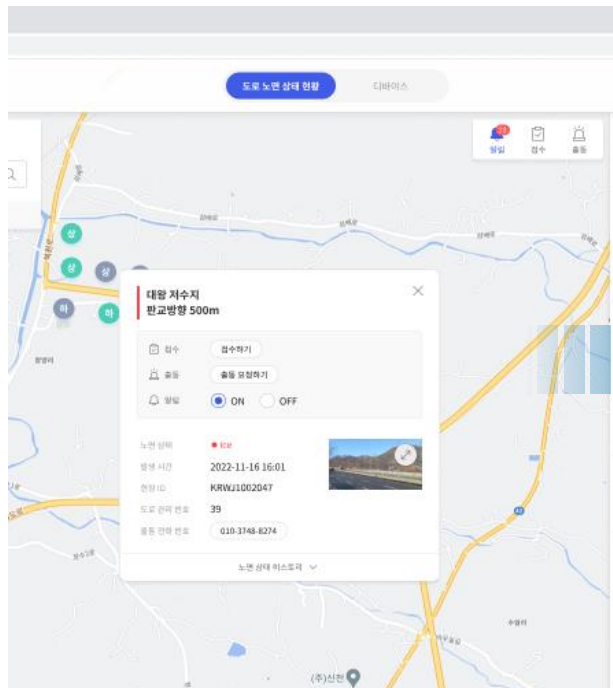
- ✓ 현장 장비가 설치된 노면상태를 직관적으로 모니터링
 - 관내 노면상태 통계, 국소별/시간대별 노면 상태, 노면 사진, 출동 알림 설정, SMS 전파



- ARHIS 관제화면
- 결빙 모니터링, 상황 전파, 통계 및 정보표출에 최적화

✓ 비상상황 발생시 상황 전파

- 미리 등록한 담당자에게 결빙류 발생시 SMS 발송, 현장 사진 및 위치를 즉시 확인하여 적절히 대응할 수 있음



결빙 상황 발생



위험발생 종류, 위치, 현재 사진 정보



신속하고 정확한 위험 종류별 재난대응가능

과거 결빙추정 시스템 vs 음향식노면검지기 비교

음향식노면검지기: 주행 소리 AI 분석 기반
실시간 노면위험정보 알림 솔루션

✓ 기존 온습도 기반 장비와 비교하여 **탁월한 정확도와 100배 긴 구간 검지**가 가능하며 **1/20 수준의 저렴한 가격 경쟁력 확보**

As-is (RWIS/온습도센서)	구분	To-be 음향식노면검지기
온습도 기반의 추정 이므로 성능 계산 불가 운행자의 역량/판단 중요	검지 성능	5월 현재 1차 시스템 출력 정확도 96.8% 2차 시스템 출력 정확도 92.0%
지점 검지 (1m 가정)	검지 범위	구간 검지 70~100m ← 기존대비 100배
RWIS : 약 2억원 온습도 센서 : 1500만원	단위 장비 가격	약 *** 만원 ← 기존대비 1/28 가격
없음	확장성	OTA 업데이트 학습 / AI 모델 업그레이드 / 특수목적 AI 별도 탑재 (예정)
-	편의성	VSL 하향/상향 근거에 모두 대응 가능 가변형 과속단속카메라 운용시 유리 (민원 발생 저감) 결빙구간 현장장비 (VSL, VMS, 염수분사) 운용에 편리
외산장비(RWIS)	공공성	100 % 우리나라 기술 (수입 대체 효과) ARHIS 데이터는 공공재로, 공공데이터포털 등재 및 API 제공 국민체감형 서비스에 적합
-	혁신성	인공지능 및 음향기반 국내 특허 등록 완료, 해외 / PCT 출원 완료 국내외 결빙검지에 있어서 성능 및 가격 경쟁력 있으며, 구간검지 가능한 세계 유일한 솔루션 (수출 효과)
유지보수 어려움 (RWIS)	유지관리	SK그룹 차원의 보급 노력 (영속적인 유지관리)

음향식노면검지기 연동 활용 예시

음향식노면검지기: 주행 소리 AI 분석 기반
실시간 노면위험정보 알림 솔루션

- ✓ 도로 위 교통표지판 및 시설물과 연동
 - 노면 상황에 따라 감속 운행 안내
 - 노면 결빙시 도로 전광판 안내 및 염수분사장치 작동 운영

■ 기존 결빙구간운영시스템 연동

VMS ✓ 50% 속도감속 정보 제공 ✓ 살얼음 관련 주의 정보 제공	VMS 경광등 ✓ 경광등 라이팅	VMS 스피커 싸이렌 재생 Or 결빙음원 재생 (반복) ✓ 결빙 음원 방송	결빙주의표지판 결빙주의
VSL ✓ 50% 속도감속 정보 제공	상황전파 ✓ 유관기관 상황전파	CCTV 모니터링 ✓ 상황 모니터링	염수분사장치 자동제어 자동제어

■ 노면상태 맞춤형 VMS 제어

As-is	To-be	
	Dry	90
	Wet	70
	Icy	50

노면 종류에 따른 속도제한 변화

- 제한 속도와 노면 정보 함께 노출
- 카메라 옆 가변속도제한표지 (VSL) 필요

■ 노면상태 맞춤형 VMS 경고

As-is	노면상태		To-be
전방 소통 원활 줄음운전 주의!		Dry	90 전방 소통 원활 줄음운전 주의!
빗길! 미끄럼 주의 절대 감속		Wet	속도제한 70 500m 전방 빗길 감속 하세요
눈을 확률 90% 미끄럼 주의 절대 감속		Icy	속도제한 50 700m 전방 적설 감속 필수 급제동 금지
눈길! 미끄럼 주의 절대 감속			속도제한 40 800m 전방 슬러시 구간속도 제한
전방 살얼음 주의 50% 감속 운행			속도제한 40 600m 전방 결빙 엔진브레이크 감속

특허 등록 및 수상

음향식노면검지기 : 주행 소리 AI 분석 기반
실시간 노면위험정보 알림 솔루션

✓ 특허 등록

- 국내 특허등록 결정 - '21.12 (국제특허 PCT 출원 중)

✓ 수상 경력

- 과학기술정보통신부장관 표창 (2021 IoT Award) - '21. 10

✓ ISO9001 인증 획득

- 음향식 노면검지기 솔루션에 대한 ISO9001 인증 획득 - '22. 03

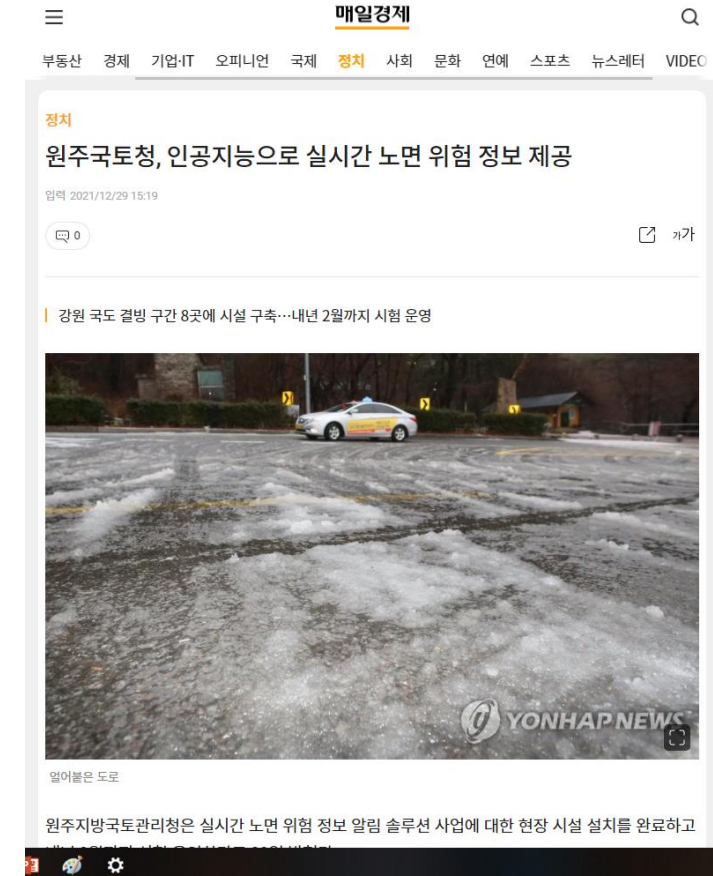
✓ TTA 인증 및 NEP(신제품), 혁신조달 추진 예정 - '22 말





MBC 뉴스 투데이 (2021.12.29)

https://imnews.imbc.com/replay/2021/nwtoday/article/6328708_34943.html



매일경제 (2021.12.29)

<https://m.mk.co.kr/news/politics/view/2021/12/1217327/>

THANK YOU

주행 소리 AI 분석 기반 실시간 노면위험정보 알림 솔루션

