

약취저감 스마트 공중화장실

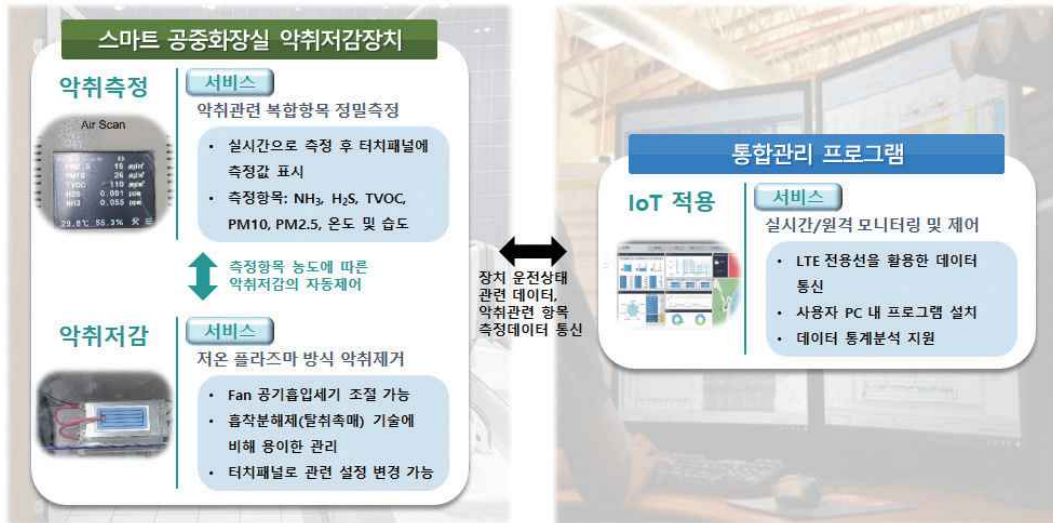
Technical Report [3부-2권 별책6]

스마트시티
혁신성장동력 프로젝트

[3-5세부과제]
주관연구기관-차세대융합기술연구원

| | | | |
|-----|----------------------------------|------|--------------------------|
| 과제명 | IoT 기반 악취물질 저감이 가능한 스마트 공중화장실 개발 | 연구기간 | '21.10 ~ '22.12 (1년 3개월) |
| | | 예산 | 총 3.4억원 (정출금 : 2.5억원) |

개념도 (서비스 시나리오)



과제 개요

- (배경) 여러 도시문제 중 공중화장실 악취 문제가 많은 민원을 넣고 있으며, 이에 따라 화장실 악취를 줄이고 관리하는 스마트 공중화장실 서비스 개발이 필요함
- (목적) 첨단 정보통신기술을 활용하여 지능적으로 화장실 악취를 줄이고 운영하는 스마트 공중화장실 서비스를 개발하여, 시민들이 쾌적하고 안전하게 공중화장실을 이용할 수 있도록 하는 것

주요 연구내용

- 악취관련 복합항목의 정밀측정, 플라즈마 기반 악취제거 등이 접목된 스마트 공중화장실 악취저감 장치 개발
- 화장실 악취, 설치장치의 운전상태 등을 실시간/원격으로 모니터링 및 관리가 가능한 통합관리 프로그램 개발
- 현장 실증운영을 통한 스마트 공중화장실 악취저감 시스템(장치 및 프로그램)의 최적화 수행

기술적 차별성

- 기존의 스마트 화장실이 에너지(전기), 수도 등의 절약에 집중한 것에 비해, 본 서비스는 IoT 기술을 악취관리에 접목하여 공중화장실의 스마트 악취저감 및 운영·관리를 구현함
- 기존에는 청소, 환기 및 방향제와 같은 간이적인 방법으로 화장실 악취 문제를 해결하고 있지만, 본 서비스는 지능적으로 화장실 악취를 줄이고 운영하는 스마트 공중화장실 서비스임

기대효과

- (사회문제 해결 효과) 정보통신 및 전문 악취제거기술을 융합하여 지능적으로 화장실 악취를 줄이고 운영하는 스마트 공중화장실 서비스는 전국 공중화장실의 악취 문제를 해결 가능함
- (비즈니스 창출 효과) 국내외적으로 스마트 공중화장실 시장이 점차 확대될 것으로 예상되며, 이에 대해 본 서비스는 스마트 화장실 관련 새로운 시장에 대한 비즈니스 창출 효과를 지님

참여기관

[주관]



지체대응기술연구원

[공동]



KISEI
Korea Interfacial Science & Engineering Institute



(주)그린텍
GREEN SYSTEM ENGINEERING

실증경과 및 결과

- 01~04월 • 실증대상 공중화장실 악취 현황 관련 현장조사
- 03~06월 • IoT 기반 공중화장실 악취저감 장치 개발
- 07월 • 개발 악취저감 시스템의 현장 테스트 수행
- 08~11월 • 악취저감 스마트 공중화장실 서비스 실증운영 진행
- 08~11월 • 시민참여형 리빙랩 운영(공중화장실 사용자 대상 설문조사 진행)

실증 대상지



단위서비스 및 요소기술

악취측정 서비스

- 악취관련 복합항목을 정밀하게 측정하고 측정값을 터치패널 화면에 보여줌



저온 플라즈마 악취저감장치

- 저온 플라즈마 기술을 적용하여 화장실 내 주요악취물질을 감소시킴



통합관리 프로그램 서비스

- 사용자 PC 내 통합관리 프로그램을 설치하여, 해당 화장실 내 악취 및 장치 운전 상태를 실시간/원격으로 모니터링 및 제어가 가능함



연구책임자
재단법인
한국계면공학연구소
최명수 연구위원
iloveyantai@naver.com



집필자 및 담당자
재단법인
한국계면공학연구소
황용선 연구원
kiseiseoul@gmail.com

• 목차 •

제1장 **개요**

- 1. 배경 및 목적 522
- 2. 특징 및 기대효과 524

제2장 **연구 개발 성과**

- 1. 도메인 통합 시나리오 528
- 2. 아키텍처 및 시스템 구성 528
- 3. 요소기술 529

제3장 **실증 경과**

- 1. 실증대상 530
- 2. 구축과정 531
- 3. 데이터허브 연계 534
- 4. 융복합서비스(요약) 535
- 5. 실증운영방안 537

제4장 **확산 방안**

- 1. 시흥시 내 운영·확산방안(안) 538
- 2. 타 지자체 확산 시 운영방안(안) 539

제5장 **Lesson Learned**

- 1. 연구과제 협의 및 실증 540
- 2. 민간 공공클라우드 구축 및 데이터 연계 540
- 3. 구축 및 이관 541

• 🔍 용어 정리 •

| 용어 | 정의 |
|-----------|--|
| IoT | 사물인터넷, 고유 식별이 가능한 사물이 만들어낸 정보를 인터넷을 통해 공유하는 네트워크 기반 환경(Internet of Things) |
| 미세먼지 | 에어로졸 중에서 입자의 크기가 10 μ m보다 작은 먼지를 미세먼지(PM10)라고 하고, 2.5 μ m의 작은 먼지는 초미세먼지(PM2.5)로 구분 |
| 복합악취 | 황화수소와 아민류 같은 두 종류 이상의 냄새 유발 물질이 반응할 때 발생하여 사람에게 거북하고 혐오감을 느끼게 하는 냄새 |
| 자외선 UV | 스펙트럼에서 보라색 띠에 인접한, 사람의 육안에는 보이지 않는 10에서 400나노미터 파장 영역(750THz)의 전자기파(ultraviolet) |
| 저온 플라즈마 | 두 전극 사이에 전압을 걸어 발생하는 플라즈마, 전자는 높은 온도를 지니지만 나머지 이온과 중성입자는 낮은 온도를 가지고 있기 때문에 열적 평형 상태가 비평형인 플라즈마 |
| 지정악취물질 | 악취의 원인이 되는 물질로 암모니아, 메틸메르캡탄, 황화수소 등의 물질 |
| 총휘발성유기화합물 | 대기오염을 유발하고 발암성을 지닌 독성 화학물질로서 지구온난화의 원인물질이며 악취를 발생하는 원인(TOTAL Volatile Organic Compounds, TVOC) |
| 탈취촉매 | 냄새를 유발하는 물질을 흡착시킨 후 물리·화학적으로 분해하여 냄새의 원인 자체를 제거해내는 능력을 지닌 화학물질 |

• 표 목차 •

| | |
|--|-----|
| 〈표 2-1〉 시스템 구성요소별 핵심기술 및 내용 | 529 |
| 〈표 3-1〉 약취 저감 스마트 공중화장실 서비스 실증대상 장소 목록 | 530 |
| 〈표 3-2〉 약취 종류별 시료채취 및 보관방법 | 532 |
| 〈표 3-3〉 스마트시티 데이터허브 연계 데이터 리스트 | 534 |
| 〈표 3-4〉 설문조사 정보 | 536 |
| 〈표 4-1〉 사업종료 이후 인수인계 계획..... | 538 |

· 그림 목차 ·

| | |
|---|-----|
| 〈그림 1-1〉 사업 목적 | 523 |
| 〈그림 1-2〉 악취항목 정밀측정 정확도 시험성적서 | 524 |
| 〈그림 1-3〉 IoT 기반 화장실 악취저감 장치 외형구조도 | 525 |
| 〈그림 1-4〉 심각한 공중화장실 악취 문제 | 526 |
| 〈그림 2-1〉 스마트 공중화장실 악취저감 서비스 아키텍처 | 528 |
| 〈그림 2-2〉 스마트 공중화장실 악취저감 시스템 구성도(개념도) | 529 |
| 〈그림 3-1〉 실증대상 공중화장실 사진 | 531 |
| 〈그림 3-2〉 실증대상 공중화장실의 구조도 | 532 |
| 〈그림 3-3〉 악취 시료채취 및 측정(갯골생태공원 야외화장실) | 533 |
| 〈그림 3-4〉 악취저감 스마트 공중화장실 사업 및 실증운영 일정 | 533 |
| 〈그림 3-5〉 IoT 기반 악취저감 스마트 공중화장실 시스템의 데이터 흐름 개요 | 534 |
| 〈그림 3-6〉 시민참여형 스마트시티 시흥 리빙랩 | 535 |
| 〈그림 3-7〉 시민참여형 리빙랩 활용 방법론 종류 | 536 |
| 〈그림 4-1〉 전국 확산을 위한 전시행사 참석(예시) | 539 |
| 〈그림 5-1〉 스마트시티 데이터 연계 구조 | 541 |

1 | 배경 및 목적

1-1 배경 및 필요성

- 여러 도시문제 중 공중화장실의 악취 문제가 많은 민원을 일으키고 있다. 도시 내 공원, 하천 등 공공시설의 이용이 많아지고 시민의 생활수준과 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라, 쾌적하고 안전한 공중화장실에 대한 시민들의 요구가 높아지고 있는 것이다. 그러나 현재 공중화장실 악취에 대해서는 구체적인 기술적 대안을 마련하기보다는 청소 및 환기와 일부 방향제 설치와 같은 간이적인 방법으로 현장 문제를 해결하고 있는 실정이다.(조수준 외, 2015)
- 따라서 본 사업에서 첨단 정보통신기술을 융합하여 효율적으로 화장실 악취를 줄이고 운영할 수 있는 스마트 공중화장실 서비스를 개발하여, 시민들이 깨끗하고 안전하며 쾌적하게 공중화장실을 이용할 수 있도록 하였다.

1-2 사업 목적

- 기존 악취문제는 해당 원인, 결과, 그리고 해결이 임시적 대안으로 사후관리에 의존했다면, 선제적으로 첨단 정보통신기술을 융합하여 지능적으로 화장실 악취를 줄이고 운영하는 스마트 공중화장실 서비스를 개발하고자 한다.
- 이를 위하여 우선 실증도시인 시흥시 내 야외공원, 주민센터, 체육관 등의 공공시설의 공중화장실 악취 관련 현황을 조사하고, 이러한 공중화장실 맞춤형 악취 측정 및 저감 장치를 개발하였다. 또한 IoT 기술을 접목하여 화장실의 악취 정도 및 장

치 운전 현황을 실시간/원격으로 모니터링하고 관리할 수 있는 통합운영시스템의 기반을 구축하였다.



〈그림 1-1〉 사업 목적

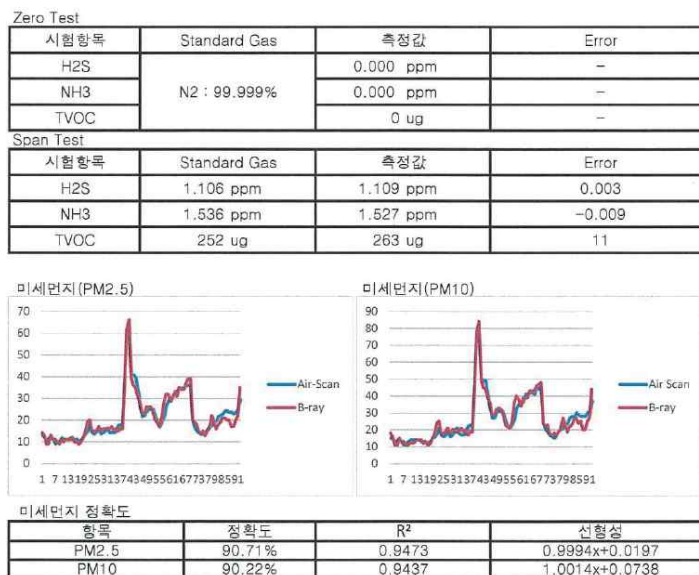
- 추가로 시흥시 내 공중화장실 현장에서 실증운영을 수행하면서 장치에 수집되는 해당 화장실 관련 데이터를 스마트시티 데이터허브에 연계하는 방안을 마련하는 것과, 시민참여형 리빙랩 실증을 통하여 사용자들의 반응, 만족도 및 요구사항 등을 알아보는 것 또한 본 사업의 목적이라 할 수 있다.

2 | 특징 및 기대효과

2-1 서비스의 차별성·특장점

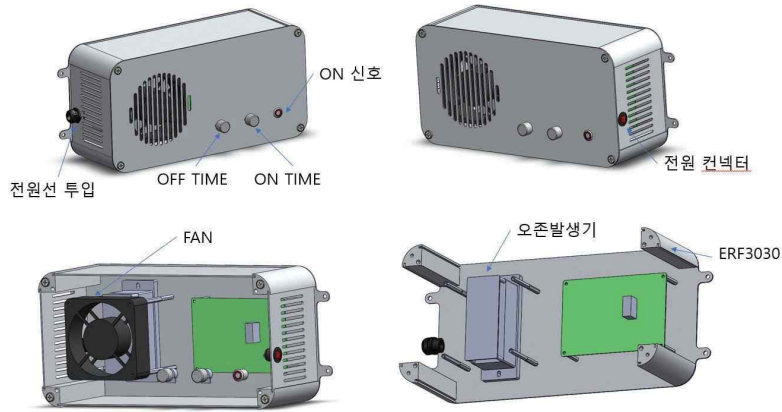
서비스 특징

- 개발된 스마트 공중화장실 서비스는 IoT 기반 화장실 악취저감 시스템으로써, 화장실에 스마트 기술로 개발한 장치를 설치하여 화장실 내 악취를 줄이고, 악취 관련 주요항목의 농도, 장치 운전상태 관련 데이터를 실시간으로 모니터링 및 운영·관리한다. 시스템 구성요소는 크게 복합악취측정부, 플라즈마 기술 기반 악취저감부, 통합관리 프로그램으로 구성되어 있다.
- 대부분의 공중화장실의 악취물질은 공업시설에 비해서는 현저히 낮으며 따라서 개별 악취 항목의 정밀측정기술이 핵심기술로서 요구된다. 따라서 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트에 부속된 과제로서 악취 관련 주요항목들의 정밀측정기술을 개발 장치에 적용하였다. 장치의 복합악취측정부에서는 화장실 악취 관련 주요항목인 암모니아(NH₃), 황화수소(H₂S), 총휘발성유기화합물(TVOC), 미세먼지(PM₁₀) 및 초미세먼지(PM_{2.5}), 온도 및 습도를 측정할 수 있다. 항목들의 정밀측정 정확도에 대한 성능 시험결과는 <그림 1-2>에 제시되어 있다.



<그림 1-2> 악취항목 정밀측정 정확도 시험성적서

- 악취저감 부분은 저온 플라즈마 기반 악취제거기술을 적용하였으며, 자외선(UV) 및 탈취촉매(흡착분해제) 기반 기술에 비해 악취저감 성능이 더 우수한 것을 현장 Test를 통하여 확인한다. 그리고 상용되고 있는 보편적인 공기살균청정기의 구조를 토대로 악취저감부와 악취측정부를 연계하였다.



〈그림 1-3〉 IoT 기반 화장실 악취저감 장치 외형구조도

- 수집되는 데이터는 시흥시의 스마트시티 데이터허브와의 연계를 목표로 하고 있으며, 따라서 IoT 기술을 접목하여 데이터를 수집하고 전달하여 모니터링을 수행할 필요가 있다. 개발된 IoT 기반 화장실 악취저감 시스템은 화장실 악취 관련 주요항목 측정 데이터와 장치 운전상태 관련 데이터를 수집하고, 통신을 통해 실시간/원격으로 사용자의 내부 서버에서 모니터링 및 관리할 수 있다.

서비스의 차별성

- 기존의 국내외 스마트 공중화장실 기술 및 시장 현황은 대부분 에너지(전기), 수도 등의 절약을 위한 화장실 운영 효율성 극대화에 초점이 맞춰졌다면, 해당 서비스에서는 IoT 기술을 악취 측정 부분에 접목하여 공중화장실의 악취저감 및 스마트 운영·관리를 구현하였다.
- 또한 기존의 현재 공중화장실 악취 문제에 대해서는 구체적인 기술적 대안을 마련하기보다는 청소 및 환기와 일부 방향제 설치와 같은 간이적인 방법으로 현장 문제를 해결하고 있었다.

- 이에 비해 본 사업에서는 첨단 정보통신기술을 융합하여 지능적으로 화장실 악취를 줄이고 운영하는 스마트 공중화장실 서비스를 개발하여, 시민들이 깨끗하고 안전하며 쾌적하게 공중화장실을 이용할 수 있도록 하였다.(No et al., 2013)

2-2 사회문제 해결 효과

- 여러 사회문제 중 하나가 바로 공중화장실의 악취 문제인데, 지금도 많은 민원을 일으키고 있다. 도시 내 공원, 하천 등 공공시설의 이용이 많아지고 시민의 생활수준과 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라, 청결 및 쾌적하고 안전한 공중화장실에 대한 시민들의 요구가 높아지고 있기 때문이다. 이를 해결하기 위해 본 사업에서는 정보통신 및 전문 악취제거기술을 융합하여 지능적으로 화장실 악취를 줄이고 운영하는 스마트 공중화장실 서비스를 개발하여, 전국 공중화장실의 악취 문제를 해결할 수 있다.



〈그림 1-4〉 심각한 공중화장실 악취 문제

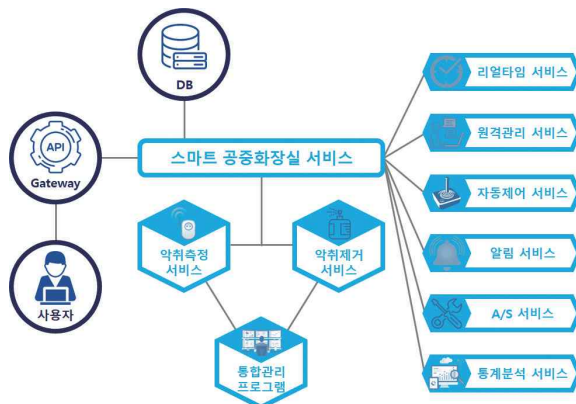
2-3 비즈니스 창출 효과

- 시민들의 삶의 질 향상에 따른 쾌적하고 안전한 공중화장실에 대한 수요가 점차 증가하고 있고, 국내외적으로 스마트 공중화장실 시장이 점차 확대될 것으로 예상된다. 도시의 전체 데이터 운영시스템에 연계하여 공중화장실을 스마트하게 운영하는 새로운 시도로, 스마트 화장실 악취저감 서비스를 개발하여 새로운 시장에 대한 비즈니스 창출 효과를 지닌다.
- 본 사업의 실증도시인 시흥시를 대상으로 한 실증운영을 성공적으로 마치고, 전국 지자체를 대상으로 개발 장치 및 시스템을 홍보한다면 전국 60,000개의 공중화장실에 설치가 가능할 것이다.
- 국외로 시점을 옮기면, 세계 통합 스마트 화장실 시장은 2019년 기준 8억4,839만 달러를 기록하였으며, 2027년에는 15억3,209만 달러에 달할 것으로 예상된다.(QYResearch, 2021) 주요 수요처로는 인터넷 환경을 고려하여 동남아 내 중진국 수준의 국가인 태국, 인도네시아 등을 대상으로 예상 가능하며, 기술 최적화 및 고도화를 통해 미국, 일본, 유럽 등 선진국으로의 수출도 기대해볼 수 있다.

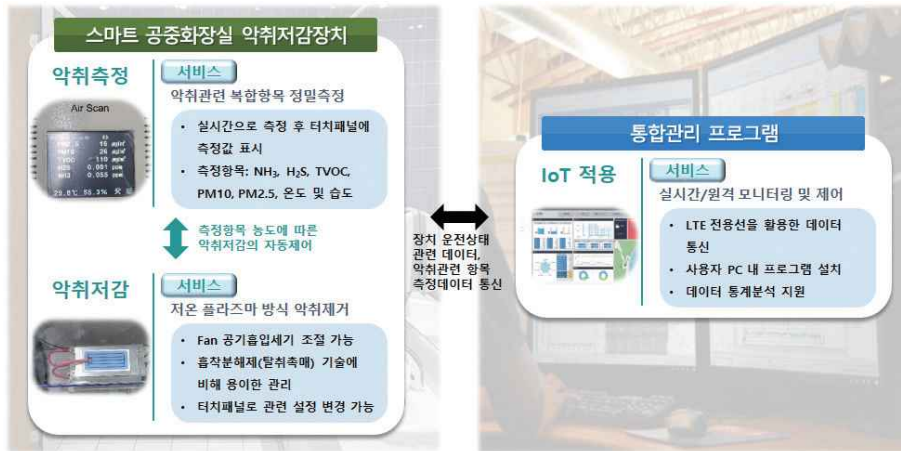
1 | 도메인 통합 시나리오

- 우선 스마트 악취저감 장치가 공중화장실에 설치된다. 악취저감 장치는 해당 공중 화장실의 악취 관련 복합항목(암모니아 농도, 황화수소 농도, 총휘발성 유기화합물-TVOC 농도, 미세먼지 농도, 초미세먼지 농도, 온도 및 습도)을 측정하고 장치 표면의 터치패널에 실시간으로 나타낸다. 그리고 장치 내 저온 플라즈마 및 오존 발생 기술을 통하여 화장실 주요악취를 저감시킨다. 이러한 플라즈마 및 오존 발생은 타이머 기능으로 작동되며, 장치 표면의 터치패널에서 오존발생량, 주기, 운영시간 구분을 설정할 수 있다.
- 또한 개발 시스템 사용자인 공중화장실 및 해당 시설 관리담당자는 PC 내 통합관리 프로그램을 설치하여, 화장실 현황, 장치운전 등을 원격으로 모니터링 및 관리할 수 있다. 악취 관련 복합항목의 측정값을 모니터링하고, 장치운전을 제어하며, 프로그램을 통하여 화장실 및 스마트 악취저감 장치의 문제점을 파악하여 체계적인 유지보수가 가능하다.

2 | 아키텍처 및 시스템 구성도



〈그림 2-1〉 스마트 공중화장실 악취저감 서비스 아키텍처



〈그림 2-2〉 스마트 공중화장실 악취저감 시스템 구성도(개념도)

3 | 요소기술

- 개발된 스마트 공중화장실 서비스는 IoT 기반 화장실 악취저감 시스템으로써, 화장실에 장치를 설치하여 화장실 내 주요 악취를 줄이고, 악취 관련 농도, 장치 운전상태 등의 데이터를 실시간으로 모니터링 및 운영·관리한다. 시스템 구성요소는 크게 복합악취 정밀측정부, 플라즈마 기술 기반 악취저감부, 통합관리 프로그램으로 구성되어 있다. 각각의 시스템 구성요소별 내용과 핵심기술은 〈표 2-1〉과 같다.

〈표 2-1〉 시스템 구성요소별 핵심기술 및 내용

| 구성요소 | 핵심기술 | 내용 |
|----------|-------------------|--|
| 복합악취 측정부 | 악취 관련 항목의 정밀측정기술 | 악취 관련 주요항목들의 정밀측정 측정항목: 암모니아(NH ₃), 황화수소(H ₂ S), 총휘발성유기화합물(TVOC), 미세먼지(PM10) 및 초미세먼지(PM2.5), 온도 및 습도 |
| 악취저감부 | 저온 플라즈마 기반 악취제거기술 | 저온 플라즈마 기반 악취제거(UV 및 탈취촉매(흡착분해제) 기반 기술에 비교하여 우수한 악취저감 성능) 보편적인 공기살균청정기의 구조를 토대로 악취저감부와 악취측정부를 연계 |
| 프로그램 | 통신/모니터링 | 수집 데이터: 화장실 악취 관련 주요항목 측정 데이터와 장치 운전상태 관련 데이터 실시간/원격으로 사용자의 내부 서버에서 모니터링 및 관리 가능 |

1 | 실증대상

- 시흥시 내 모든 공중화장실 운영 중 또는 관련 시설 대상으로 실증 수요조사를 실시하였고, 공중화장실의 악취, 환경, 민원 현황 등을 고려하여 악취저감 기술 적용의 취지와 가장 적합한 장소를 선정하였다.
- 해당 10곳의 실증대상 장소 목록은 <표 3-1>에 제시되어 있으며, 주민센터, 체육관, 야외공원 등이 주로 실증대상 장소로 포함된 것을 확인할 수 있다.

<표 3-1> 악취저감 스마트 공중화장실 서비스 실증대상 장소 목록

| 연번 | 대상지 | 상세주소 | 비고 |
|----|-------------|----------------|-------------------------------------|
| 1 | 시흥어울림국민체육센터 | 정왕대로233번길 33 | 3층 청소년 문화의 집 내 화장실에서 4층 화장실로 변경 |
| 2 | 생금집 | 죽율로 45-32 | 문화재 상시관리원 및 담당자가 해당 시간대에 동행 가능 |
| 3 | 정왕본동 행정복지센터 | 역전로 228 | 1층 화장실(특히 여자화장실의 악취 심함) |
| 4 | 정왕1동 행정복지센터 | 정왕대로298번길 15 | 1, 2층 장애인화장실 |
| 5 | 혁신성장사업단 | 배곧4로 32-29, 4층 | |
| 6 | 시흥시 중앙도서관 | 정왕대로 191 | 지하화장실 |
| 7 | 갯골생태공원 | 동서로 287 | 공원의 안쪽 화장실 |
| 8 | 다니생활체육관 | 마산로 43 | |
| 9 | 달월생활체육관 | 군자로 9 | |
| 10 | 대야동주민센터 | 복지로 37 | 1, 2층 화장실 둘 다 악취 있으나, 설치 가능한지 검토 필요 |

2 | 구축과정

- 악취저감 스마트 공중화장실 서비스의 장치/시스템 설치 및 실증 수행을 위하여 우선 실증대상 장소의 현장답사가 진행되었다. 현장조사를 통하여 대상지별 화장실 악취 정도, 화장실 크기 및 구조, 처리방식(수세식 및 재래식), 물품 관리실태(화장지, 비누 또는 세척제, 방향제, 쓰레기통 등), 전기 관련 현황(콘센트 등), 통신 현황(와이파이 가능 여부) 등을 검토하였다. 추가적으로 시민들에게 청결하고 쾌적한 화장실 관련 서비스를 제공하기 위해서는 청소가 효율적으로 시행되어야 하고, 화장실 악취의 세기 또한 청소와 밀접한 연관이 있다. 따라서 각 대상지의 화장실별 청소의 주기, 정도 등의 화장실 청소 현황을 청소 관리자를 통하여 정리하였다.



(a) 시흥시 중앙도서관



(b) 시흥시 혁신성장사업단



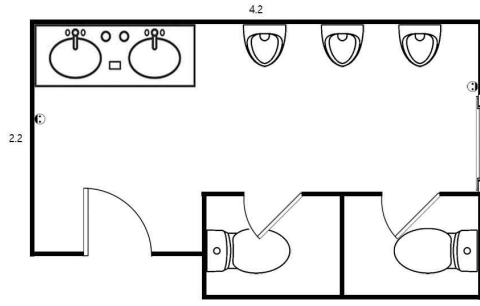
(c) 갯골생태공원



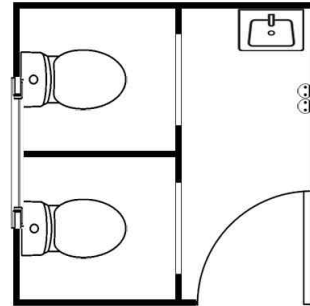
(d) 시흥어울림국민체육센터



〈그림 3-1〉 실증대상 공중화장실 사진



(a) 정왕본동행정복지센터 1층 남자화장실



(b) 생금집 여자화장실

〈그림 3-2〉 실증대상 공중화장실의 구조도

- 현재 악취방지법(악취방지법 시행규칙 [별표 3], 배출허용기준 및 엄격한 배출허용기준의 설정 범위 -제8조제1항 관련)에 의해 규제되고 있는 지정악취물질은 총 22종이며, 공중화장실에 서는 황화수소 0.02ppm 이하, 암모니아 1ppm 이하, 메틸메르캡탄 0.002ppm 이하 등을 만족하여야 한다.
- 공중화장실용 악취저감 장치 개발을 위하여 지정악취물질 중 어떠한 물질이 화장실 내 주요악취물질인지 파악할 필요가 있었으며, 이를 위하여 실증대상 장소 중 하나 인 갯골생태공원 야외화장실에서 〈표 3-2〉 및 〈그림 3-3〉과 같이 악취 시료 채취 및 측정을 지정악취검사기관을 통하여 진행하였다.

〈표 3-2〉 악취 종류별 시료채취 및 보관방법

| 악취항목 | 시료채취 방법 | 주요장비 및 기재 | 보관방법 | 악취공정시험 기준 |
|----------------|------------|---------------------------|--------------|------------------------------|
| 황화합물 | 시료주머니 채취법 | 시료흡입홀더, 채취관, 시료주머니 등 | 상온 및 차광 | ES 09301, ES 09303 |
| 알데하이드 | DNPH 카트리지법 | DNPH 카트리지, 오존스크러버, 유량계 등 | 냉장(4°C) 및 차광 | ES 09305 |
| 휘발성 유기화합물 | 흡착관 채취법 | 흡착관, 정밀유량계 등 | 냉장(4°C) 및 차광 | ES 09307 |
| 암모니아, TMA, 지방산 | 흡수액 채취법 | 흡수병 및 보관박스, 시료흡입홀더, 흡수병 등 | 상온 및 차광 | ES 09302, ES 09304, ES 09308 |



〈그림 3-3〉 악취 시료채취 및 측정(갯골생태공원 야외화장실)

○ 이후, 〈표 3-1〉에 제시된 대상 공중화장실 운영 및 관리시설에 대하여 현장 실증 운영에 관련해 시흥시와 함께 시설 및 관계자와 협조를 진행하였고, 개발 장치 및 시스템의 구축이 진행되었다. 시스템 구축 과정 및 전체 사업에 대한 일정은 〈그림 3-4〉와 같다.



〈그림 3-4〉 악취저감 스마트 공중화장실 사업 및 실증운영 일정

3 | 데이터허브 연계

3-1 데이터 수집 프로세스



〈그림 3-5〉 IoT 기반 악취저감 스마트 공중화장실 시스템의 데이터 흐름 개요

3-2 연계 데이터 정의

- 연계된 데이터는 악취 유발물질, 내부환경요소, 악취를 저감하기 위한 산화제인 오존, 그리고 해당 시스템을 유지관리 하기위한 기본 데이터로 구성된다.

〈표 3-3〉 스마트시티 데이터허브 연계 데이터 리스트

| 구분 | 데이터 | 내용 | 단위 |
|----|------------------|---|-------------------|
| 악취 | H ₂ S | 화장실 내 (장치 근처) 황화수소(H ₂ S) 농도 | ppm |
| | NH ₃ | 화장실 내 (장치 근처) 암모니아(NH ₃) 농도 | ppm |
| | TVOC | 화장실 내 (장치 근처) 총휘발성유기화합물 (TVOC) 농도 | ug |
| | PM10 | 화장실 내 (장치 근처) 미세먼지(PM10) 농도 | ug/m ³ |
| | PM25 | 화장실 내 (장치 근처) 미세먼지(PM2.5) 농도 | ug/m ³ |

| | | | |
|---------|-------------------|------------------------------|------------------|
| 기타 환경 | Temp | 화장실 내 (장치 근처) 온도 | ℃ |
| | Humid | 화장실 내 (장치 근처) 습도 | % |
| 악취저감 | Ozone | 플라스마 기반 악취저감부의 오존발생 농도 | g/m ³ |
| 장치 및 관리 | Device_Oper | 악취저감 장치가 가동되고 있는지의 ON/OFF 여부 | - |
| | Inspec_Cycle | 마지막 장치 점검날짜(점검 및 관리자가 직접 입력) | - |
| | Measure_Error | 악취 관련 항목 복합/정밀측정부의 이상 여부 | 1 or 0 |
| | Odor_Reduce_Error | 악취저감부의 이상 여부 | 1 or 0 |
| | Comm_Error | 통신부의 이상 여부 | 1 or 0 |

4 | 리빙랩 운영방안

4-1 시민참여형 리빙랩 운영의 필요성

- 기존에 기술 또는 서비스가 공급자 주도로 개발 및 운영되는 방식과 달리, 시민참여형 스마트시티 리빙랩에서는 개발 및 운영 전 과정에 시민이 함께 참여하여 의견을 제시하는 등 실거주자의 니즈가 반영된 도시 서비스를 개발한다. 이러한 시민참여형 리빙랩 운영은 공공-시민-기업이 함께 협력하는 스마트시티 구축을 위한 필수 요소이다.



〈그림 3-6〉 시민참여형 스마트시티 시흥 리빙랩

4-2 설문조사 진행

- 공중화장실 사용자 대상으로 설문조사를 진행함으로써, 스마트 공중화장실 악취저감 서비스의 유용성, 만족도, 평가 및 개선 필요사항 등을 조사한다.
- '22년 8월부터 11월까지 공중화장실 이용계층들을 대상으로 설문을 실시한다.



〈그림 3-7〉 시민참여형 리빙랩 활용 방법론 종류

〈표 3-4〉 설문조사 정보

| | | |
|----------|--|--|
| 구분 | 실증대상 공중화장실의 사용자 (일반 시민, 시설 관계자 등) | |
| 기간 | 실증기간(2022.08~11) | |
| 내용 | 공중화장실 이용 시 불편사항 및 개선필요사항 개발 서비스의 만족도(유용성) 개발 서비스에 대한 개선요구사항 | |
| 조사 기관 | | |

5 | 실증운영방안

- 앞에서 언급된 10곳의 실증대상 화장실(남녀화장실 구분하여 총 20곳)에서 개발 완료된 IoT 기반 스마트 공중화장실 악취저감 시스템을 설치하고, 대략 3~4개월 동안의 실증운영을 수행한다.
- 악취 측정농도와 악취저감 정도를 실시간/원격으로 모니터링하고, 악취항목(황화수소, 암모니아 등)의 농도가 유의미하게 감소하는지 파악한다. 추가적으로 화장실의 온도 및 습도 환경, 장치의 운전상태 등을 검토한다.
- 시민참여형 리빙랩 운영에 관해서는, 위에서 언급된 내용과 같이 실증대상 공중화장실 사용자(일반 시민, 시설 관계자 등)를 대상으로 설문조사를 진행함으로써, 스마트 공중화장실 악취저감 서비스의 유용성, 만족도, 평가 및 개선 필요사항 등을 조사한다.

1 | 시흥시 내 운영·확산방안(안)

- 시흥시 내 공중화장실 20개소에서 실증운영을 수행하며 악취저감 장치 및 전체 시스템의 성능, 유지관리, 기타 운영사항 등을 검토하고, 실증을 문제없이 성공적으로 마무리하는 것이 중요하다.
- 사업종료 이후 실증도시(시흥시) 내 확산을 위하여 이관작업과 개발 시스템의 운영, 유지관리 등 관련하여 시흥시 대상으로 인수인계를 실시한다.

〈표 4-1〉 사업종료 이후 인수인계 계획

| | |
|-------|--|
| 일시 | • '23년 상반기(필요시 2회 개최) |
| 대상 | • 시흥시 담당 공무원 및 기타 이해관계자 |
| 내용 | • 사업에서 개발된 IoT 기반 스마트 공중화장실 악취저감 시스템의 제작 및 구성, 시공, 운영 및 유지관리 등의 내용 |
| 기타 제출 | • 실증운영결과보고서 • 장치 시공방법 및 절차 매뉴얼 • 시스템 운영 매뉴얼 • 사업 최종보고서 |

- 이후 시흥시 내 모든 공중화장실 운영 중 또는 관련 시설 대상으로 서비스의 홍보와 수요조사를 실시하고, 최종적으로 시흥시 내 200여 개의 공중화장실 운영·관리 시설에 시스템을 적용하는 것을 목표로 한다.

2 | 타 지자체 확산 시 운영방안(안)

- 본 사업의 실증도시인 시흥시에서 개발 서비스의 성공적인 실증과 운영의 확산이 이루어진 이후, 타 지자체 상대로 자연스러운 홍보가 이루어지도록 해야 한다. 시흥시 홈페이지, 모바일 애플리케이션, SNS 및 블로그 등을 통한 홍보 계획을 수립하고, 시민-전문가-학회 연계 국내 전시행사에도 참석할 것이다.



<그림 4-1> 전국 확산을 위한 전시행사 참석(예시)

- 본 사업의 실증도시인 시흥시를 대상으로 한 실증을 마치고 전국 지자체를 대상으로 개발 장치 및 시스템의 적용을 성공적으로 확산 시, 전국 60,000개의 공중화장실에 설치가 가능할 것이다.

1 | 연구과제 협의 및 실증

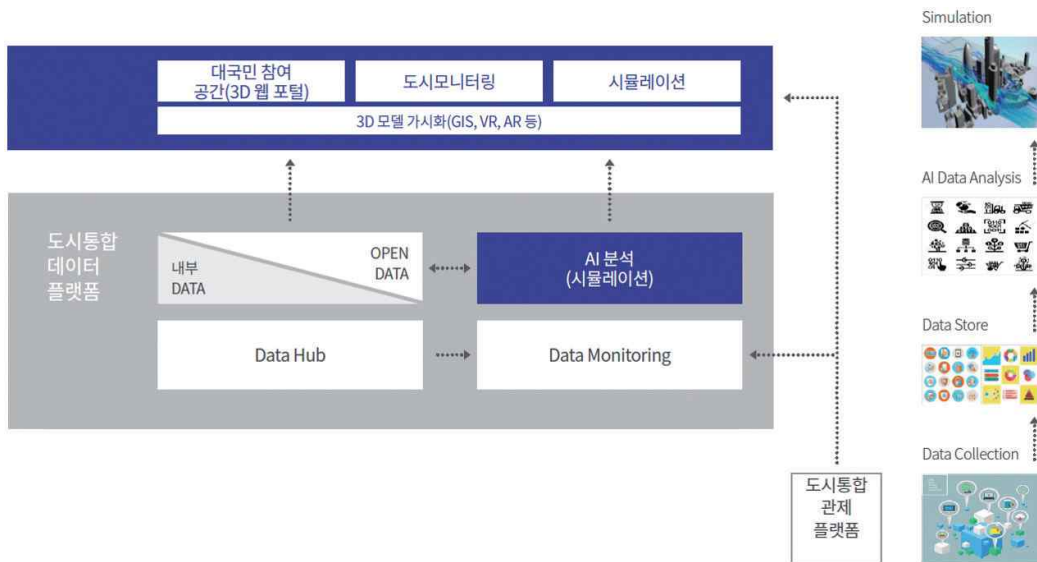
- 본 사업에서는 IoT 기반 스마트 공중화장실 악취저감 장치를 개발하였고, 장치의 개발비는 상당하였다.
- 산업/공장용 악취향목 측정이 아닌 도심 내 공중화장실의 악취향목 측정은 저농도 측정 기술이 필요했고, 저농도 악취 관련 복합향목의 정밀측정기술 개발 및 적용에 한계가 있었다.
- 최신 플라즈마 기반 악취저감 기술까지 적용하여, 개발 장치는 개당 수백만 원에 이르러 기존에 공중화장실의 악취 해결을 위한 방향제 및 환기 방식에 비해 비용 측면에서 공중화장실 관리자에게 큰 부담이 될 수 있다.
- 비용 부분의 경우 장치 생산 및 적용의 확산과 그에 따른 대량생산이 장치의 단가를 내릴 수 있을 것이고, 비용과 별개로 도시의 데이터 허브에 연계되어 공중화장실을 스마트하게 운영·관리할 수 있다는 점이 중요하다.
- 도시 데이터허브와 연계하여 공중화장실을 스마트하게 운영·관리할 수 있으므로 도시의 사회경제적 비용을 줄이며 보다 쾌적한 도시환경 조성에 도움을 줄 수 있다.

2 | 민간공공클라우드 구축 및 데이터 연계

- 기존의 현재 공중화장실 악취 문제에 대해서는 단순히 청소 및 환기와 일부 방향제 설치 등의 대중적 방법으로 현장 문제를 해결하고 있었지만, 이에 비해 본 사업에서는 첨단 정보통신기술을 융합하여 지능적으로 화장실 악취를 줄이고 운영하는 스마트 공중화장실 서비스를 개발하였다. 클라우드 구축 및 시흥시 스마트시티 데이터허브와의 연계를 통하여, 시민들이 깨끗하고 안전하며 쾌적하게 공중화장실을 이

용할 수 있도록 하였다.

- 이처럼 스마트시티의 핵심은 사물인터넷, 모바일 및 다양한 서비스 플랫폼 등을 통해 얻은 도시 데이터를 클라우드 시스템에 저장하고 데이터허브로 통합 관리하면서, 인공지능을 통해 도시문제를 해결함과 동시에 데이터 기반의 맞춤형 서비스를 개발하고 제공함으로써 시민들의 삶의 질을 높이고 기존 도시의 문제들을 해결하는 것이다.



〈그림 5-1〉 스마트시티 데이터 연계 구조

3 | 구축 및 이관

- 사업종료 이후 연구개발성과의 확산을 위하여 이관작업과 개발 시스템의 운영, 유지 관리 등 관련하여 시흥시를 대상으로 한 인수인계가 중요하다. 또한 지자체 홈페이지, 모바일 애플리케이션, SNS 및 블로그, 국내 전시행사 참석 등을 통한 적절한 홍보 계획의 수립이 중요할 것이다.

참고문헌

- 조수준, 신재영, 오상수, 유대영, 이성재 (2015). 공중화장실 복합악취 및 개선에 관한 연구 (대전광역시 동구). 대한환경공학회지, 37(4), 240~245.
- No, E. J., Hwang, J. B., Kil, K. B., Lee, E. J., & Park, S. J. (2013). Odor Concentration of Toilets in the Train. The Korean Society for Railway, 2013(11), 1463-8.
- QYResearch (2021). 세계의 통합 스마트 화장실 시장 인사이트 : 예측(-2027년).
- 악취방지법 시행규칙 [별표 3], 배출허용기준 및 엄격한 배출허용기준의 설정 범위(제8조제1항 관련)

