

Trend Water Report

CES 2024

In USA



CES 참여기업 기술 소개 및 인터뷰
기술 활용 방안

SES

UOS Environmental Engineering
Yeonwoo Shin & Ahyun Jeon & Yujin Noh



CONTENTS

01 기업 소개 및 인터뷰

Aiper	01
E-CON Systems	04
Bello	07
Vaisala XWeather	08
GENESIS SYSTEMS	10
ECOPEACE	11

02 기술 활용 방안

녹조 관리 로봇	13
배수지 관리 로봇	15
상수도 관망 데이터 관리 및 활용	19
누수 관리	22
수돗물 간접 음용률 증가	25
스마트 하수처리장	27
하수 재이용: 에너지 생산	30



CONTENTS

03 기관 소개 및 적용방안

GWRS 하수처리장	35
Hoover Dam	36
UCLA	37



안녕하세요. SES팀입니다.

저희는 ‘서울시립대학교 디지털 물산업 혁신인재 양성사업단’ 으로서 이번 CES2024에 참석하였습니다. CES(Consumer Electronics Show)는 미국소비자기술협회 CTA가 주관하는 세계 최대 규모의 가전.IT 박람회로서, 최신 기술을 홍보하고 전시합니다. 주요 전시 주제로는 인공지능(AI), 5G, 에어 모빌리티, 증강.가상현실, 로봇 및 드론, 스마트 시티, 게임 및 e-스포츠 등이 있었습니다.

CTA의 ‘2024년 주목할 기술 트렌드(CES 2024 Trends to Watch)’ 세션에 따르면, 전 세계의 다양한 산업계를 구성하는 수평적인 트렌드로 ‘AI’, ‘지속가능성(Sustainability)’, ‘포용성(Inclusivity)’이 꼽혔습니다. 실제 CES2024 현장에서도 직접적인 관계가 없는 다양한 산업 시장에서 AI기술을 끊임없이 적용하고, 지속가능 기술 발전에 초점을 맞추는 모습을 볼 수 있었습니다. 이렇듯 산업혁명 속 기술 트렌드를 염두에 두고, 다양한 기술과 산업에 관심을 가지며 물산업의 트렌드를 이끌어 나가고자 합니다.

백문이 불여일견

‘백번 듣는 것이 한 번 보는 것만 못하다’ 라는 뜻으로, 실제로 경험해 보아야 확실히 알 수 있다는 뜻을 담고 있습니다. 저희가 직접 CES를 방문하여 ‘백문이 불여일견 ’ 으로 배우고 깨닫게 되었듯이, 저희는 많은 사람들이 직접 트렌드를 보고 생각해볼 수 있도록, ‘백문이 불여일견’할 수 있도록 도움을 주고자 합니다. 이러한 이유로 ‘Trends Water Report 2024’를 제작하게 되었습니다. 본 보고서에는 AI 및 빅데이터 등의 기술과 물산업에 다양한 호기심을 가진 SES(Seek, Experience, CES) 팀이 이번 CES2024현장에 참여하고 배운 내용을 담았습니다.



Chapter 01

기업 기술 소개 및 인터뷰

Aiper

A Aiper Scuba S1

- (뛰어난 청소 성능) 수영장 벽과 수선을 포함하여 최대 1600 sq.ft/150m2의 지하 수영장을 손쉽게 청소할 수 있다. 움직이는 실리콘 브러시가 먼지와 잔해물을 제거하며, 배수 모터가 결합하여 물을 최대 70GPM/265LPM 까지 필터링한다.
- (Roller Brush) 수영장이 어떤 지형에 있더라도 가장자리에서 가장자리까지 청소가 가능하다. 애벌레 모양의 접촉면으로 수영장의 면과 더 잘 접촉할 수 있으며, 이동과 장애물 통과에 훨씬 유리하다.
- (WavePath Navigation 기술 2.0) 최첨단 기술을 활용하여 청소 범위를 높인다. 최고급 센서를 사용하면 장치가 수영장 내에서 장치 위치를 정확히 찾아낼 수 있고, 훨씬 깨끗한 환경을 만드는 데 유리하다.

B Aiper Scuba S1 pro Aiper Scuba N1 Ultra

- (청소 성능) 이중층 여과 시스템과 brushless 모터가 함께 작동하여 거대한 5L 통에 3microns 정도의 작은 잔해를 모을 수 있도록 한다. 작은 먼지, 부스러기, 불순물 및 미생물을 모두 제거하고 수영장 바닥, 벽, 수로를 모두 하나의 장치로 청소할 수 있다.
- (Waveline 기술) 수영장 안의 장애물을 포함하여 수영장 주변을 조종하는 데 도움이 되는 흐름 제어가 완벽하며, 적외선 센서가 있다.
- (이중층 필터) 180um 및 3um 필터는 육안으로도 볼 수 없는 먼지까지 수집하여 수영장의 물 순도를 향상시킨다.
- (고급 장애물 회피) 장치에 있는 4개의 적외선 센서가 작동하여 수영장 벽, 계단 및 대형 장애물을 감지하여 완벽한 청소를 위한 경로를 채택한다.

C Communication Buoy

#수질 모니터링 #무선 수중 통신

- (Cordless Underwater Communication) 사용자에게 실시간 수영장 및 장치 데이터를 제공하며, Aiper 앱을 통해 장치를 제어할 수 있다.
- (수질 모니터링) 수질 모니터링 장치 및 Aiper 앱을 통해 pH 및 ORP 값을 포함한 실시간 수질 데이터를 확인할 수 있다.
 - 호환 가능 장치 : Aiper Scuba S1 Pro, Aiper Scuba N1 Ultra



D Solar Panel

- 태양광을 이용하여, Aiper 태양광 패널은 Aiper 수영장 청소기에 지속적인 전력을 제공하므로 사용자는 장치를 물에 담근 채로 두어 항상 사용 가능하다.
- 호환 가능 장치 : Aiper Scuba S1, Aiper Scuba S1 Pro, Aiper Scuba N1 Ultra



Q. 인터뷰 전에 본인의 회사를 간단하게 소개해줄 수 있나요?

A. 네, 저희는 수영장을 청소하는 로봇청소기를 제작하는 회사입니다.

Q. Aiper의 기술을 배수지(drainage) 청소에 사용하는 것에 대해 어떻게 생각하나요?

A. 수영장은 직사각형이지만, 굴곡진 tank가 되면 어려울 수 있을 것 같습니다. 혹은, 수영장은 작은 편이지만 drainage의 tank가 많이 커지게 되어도 힘들 수 있어요. 우리의 기술이 사용 가능한 가장 큰 사이즈는 20mX10m (meter) 입니다. 그래서 이거보다 크지 않으면 가능하지만, 그것보다 더 커지면 청소기가 길을 잃고 헤매게 될 거예요.



Q. 그러면 기계 안에 센서를 추가해서 위치를 찾을 순 없을까요?

A. 물 속에서는 GPS가 없으니 찾을 수 있는 방법이 없습니다. 로봇 스스로 알 수도 없고...

Q. 그럼, 배수지에 이걸 사용하게 되면 효율적일 것이라 생각하나요?

A. 넓이가 5mX10m 라면 매우 좋겠고, 10mX10m 이라도 괜찮아요. 그 이상이라면 잘 모르겠다.... 깊이는 얼마나 깊나요?? 대부분의 수영장 pool은 2.5~3m 정도 됩니다. Aiper의 기술은 pool을 위해 만들어졌기 때문에 그 이상의 깊이라면 청소기가 못 올라 갈 것입니다.

Q. 배수지는 식수를 위한 것인데, 이 기술을 사용하였을 때 기계로 인한 물의 오염 등과 같은 문제는 없을까요?

A. 식수 쪽의 기준을 정확히 모르겠어요. 이 물로 샤워까지는 할 수 있지만, 이 전자제품에는 플라스틱 부품들이 들어있기 때문에 영향을 미칠 수 있을 것 같은데, 식수에서 어떠한 영향을 미칠지 잘 모르겠네요.

Q. 해당 회사의 기계들을 보았을 때, 기술을 점점 개발시키는 과정을 거친 것 같아요. 이렇게 기술을 개발하는 과정에 특별한 방법이 있나요? 예를 들면, 사용자들의 의견을 물어본다는 등...

A. 마케팅? 당연하죠! 시장조사, market 인사이트, 일대일 인터뷰, 사전 테스트 등 꽤 많이 하고 있습니다.

E-CON SYSTEMS



AMRs(Autonomous Mobile Robots)가 창고 관리, 경계 보안, 순찰 로봇 등 다양한 애플리케이션에서 보는 방식을 변화시키고 있다. AMRs에 비전을 추가하면 사람의 개입이 없거나 최소화되어 자재 처리, 사내 운송 작업, 보안 모니터링과 같은 다양한 작업을 자동화하는 데 도움이 된다. 내비게이션을 통해 주변을 관찰하고 여러 작업을 수행하려면 AMRs에 잘 설계되고 호환되는 고품질 카메라가 필요하다. 이를 고려하여 e-con Systems 는 자율 이동 로봇의 이미징 요구 사항을 충족하는 안정적인 카메라 솔루션을 제공한다.

<Embedded Vision Cameras for AMR>

A Depth Camera

3D Time of Flight (ToF) Camera with<1% accuracy

많은 3D 기술 중에서 TOF라고도 알려진 Time-of-Flight는 현장의 실제 3D 지도를 캡처하는 데 더 빠르게 추진력을 얻고 있는 3D 기술이다. 소형이 간편한 디자인과 저조도 기능을 갖춘 e-con의 ToF 카메라는 최대 6m의 더 긴 범위를 지원하며 Depth 및 RGB 비디오를 모두 출력한다.

B Surround View

IP67 Full HD GMSL2 HDR camera

대형 실외 AMR에는 주변 view를 위해 케이블 길이가 더 긴 카메라가 필요하다. 이 카메라는 물과 먼지 모두에 영향을 받지 않으며 조명 조건에 관계없이 놀라운 이미지를 생성한다. 까다로운 조명 조건과 열악한 환경에 이상적이다. (IP67 등급 enclosures와 15미터 케이블)

E-CON SYSTEMS

C Vision Camera

13MP Autofocus Camera Module

3D 비전 외에도 비전 카메라는 객체 인식을 위한 고품질 이미지를 캡처하는 데에도 사용된다. e-con의 비전 카메라는 높은 해상도와 선명한 초점으로 높은 정확도를 보인다. 자동 초점 기능을 갖춘 13MP 카메라는 물체를 선명하게 감지하고 인식하는 데 적합하다.

D Barcode Scanning

Full HD Color Global Shutter Camera Module

창고 로봇이든 소매 로봇이든 바코드를 사용하여 물체를 식별하는 것은 매우 일반적이다. 물체가 움직이는 동안 이러한 바코드를 읽으려면 고품질 글로벌 셔터 카메라가 필요하다. e-con의 이 Full HD Stereo vision camera는 AMR이 움직이는 동안에도 선명한 바코드 이미지를 캡처할 수 있다.

NeduCAM25 - Full HD Global Shutter FPD-Link III Camera Module



Highlights:

- ✔ AR0234 full HD global shutter camera module
- ✔ Flat Panel Display Link (FPD-Link III) interface with FAKRA connector
- ✔ Coaxial cable to transmit power and data up to 15m
- ✔ External trigger support for synchronized multi-camera streaming
- ✔ On-board high performance ISP
- ✔ Dust and water proof IP67-rated enclosure (optional)

Q. 댐이나 호소, 하천 등을 모니터링 하는데 드론 기술이 사용되고 있습니다. 이 분야에 적용시킬 수 있는 자사의 기술은 무엇이 있을까요?

A. NeduCAM25 - Full HD Global Shutter FPD-Link III Camera Module / 댐이나 하천, 호소 등의 분야에는 이 global shutter 카메라가 가장 적합할 것 같습니다. 근데, 현재 사용하고 있는 드론에 이 interface(접속기) = GMSL interface가 맞아야 하는데요. 그래서 드론을 이미 사용하고 있고 이 interface와 맞다면 자사의 카메라를 사용 가능합니다. 또 다른 카메라로는 MIPI interface(가장 인기 있는 카메라 인터페이스)을 가진 카메라를 사용할 수 있을 것 같은데, 이것은 GMSL interface 도 가질 수 있습니다. 드론 컴퓨터가 MIPI interface라면 이 카메라를 사용할 수 있을 것입니다.

E-CON SYSTEMS



*GMSL 은 자동차 영상 애플리케이션, 로봇 장치, 농업용 차량 등에 사용되는 고속 직렬 인터페이스로, 장거리 전송을 가능하게 하는 직렬화기(SerDes) 기술이다. SerDes(Serializer/Deserializer) 기법은 높은 데이터 전송 속도, 장거리 지원 및 더 나은 성능을 제공하기 때문에 통신, 데이터콤, 산업용 및 케이블 상호연결 애플리케이션에서 매우 널리 사용된다. 직렬 링크 기술(Serializer)은 열악한 산업 및 외부 환경에서도 안정적으로 작동하여 짧은 대기 시간으로 빠르게 데이터를 제공한다.

Gigabit Multimedia Serial Link(GMSL) 카메라는 직렬화기(SerDes) 기술인 GMSL 및 GMSL2 기술을 사용하여 단일 동축 케이블을 통해 고속 영상, 양방향 제어 데이터 및 전원을 전달한다.

*GMSL 카메라 인터페이스는 빠른 데이터 속도, 높은 대역폭, 데이터 무결성 및 더 나은 EMI/EMC 성능에 대한 증가하는 요구를 충족한다.

Q. 그렇다면 하천의 녹조류를 관찰(모니터링)하기 위해서는 어떠한 카메라가 적합할까요?

A. 그럼 녹조류를 관찰해야 하니 color 카메라가 필요하겠네요. RGB 카메라. NeduCAM25 이게 제일 좋겠어요. 하지만, 정확히 무엇을 할지, 녹조류를 관찰하기 위한 것인지 범위를 측정할 것인지에 따라 달라질 수 있을 것입니다.



Bello



- ▶ 필수 미네랄을 유지하면서 혁신적으로 정화하여 수돗물을 깨끗한 식수로 바꾸고, 일회용 플라스틱 소비를 크게 줄일 수 있다.
- ▶ 수분 공급 및 건강 증진. 음료는 많은 식단에서 첨가당의 주요 공급원이며, 많은 미국인들이 물 필요량을 충족하기 위해 노력한다. Bello는 편리하고 건강한 선택을 통해 이러한 문제를 직접 해결하여, 쉽게 접근할 수 있는 건강 지향 음료를 통해 수분 및 영양을 공급한다.
- ▶ 일회용 병에 대한 비용 효율적인 대안을 제공하며 경제성과 편의성을 결합하였다.



• Filtration 여과법

- 벨로의 NSF42&53 카본 필터로 깨끗하고 맛있는 물 마시기.
- 벨로의 필터는 염소, 납, 살충제 등과 같은 안전하지 않은 화학물질과 오염물질을 효과적으로 제거한다.

• Personalization 개인화

Bello의 혁신적인 미세 투여 시스템을 통해 물을 맞춤형 웰니스 음료로 바꾼다. 캡슐을 넣고 버튼을 누르기만 하면, 건강 음료를 만들 수 있다.

• 지속가능성

지속 가능성은 우리 미션의 첫 번째이다. 각각 최대 50잔의 음료를 만들 수 있는 재사용 가능한 유리 캡슐을 활용하여 폐기물과 환경에 미치는 영향을 획기적으로 줄인다.

• Smart & Convenient 스마트하고 편리함

Bello는 사용자의 소비 및 음료 선호도를 추적하고, 소비자가 수분 및 비타민 섭취량에 도달할 수 있도록 Bello 앱을 통해 알린다. 또한 편리한 재주문을 위해 캡슐과 필터가 부족해지면 알림을 보낸다.

Vaisala XWeather

A RoadAI

포장 상태를 정확하게 평가하여 수동 측량에 비해 훨씬 저렴한 비용으로 최신 도로 자산 정보를 더 빠르고 자주 얻을 수 있도록 지원한다.

결함 감지	수정 감지	자산 감지
균열: 악어, 세로, 가로 및 휠 트랙 팅글: 경미, 보통, 심각 프레팅: 보통 및 심한 기타불량 : 정착, 모서리 열화, 번짐	패창: 면적 및 지점 균열 밀봉: 세로 및 가로	교통 표지판: 금지, 표시, 필수 및 규제선 표시: 세로 방향 노면 표시: 정지, 양보, 속도 제한 등 기타 자산: 가드레일, 가로등, 맨홀, 도랑

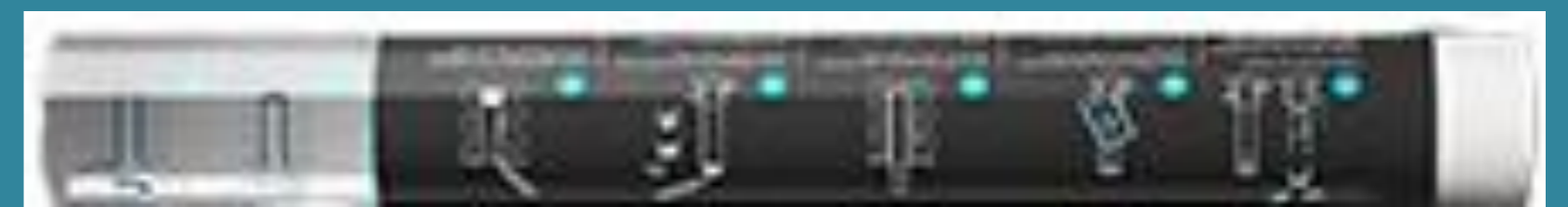


B TempCast Vaisala Cast™ Sensor



- 무선 NB-IoT 통신
- 3년 배터리로 자체 전원 공급
- 측정: 기온, 상대습도, 이슬점/서리점, 표면, 온도(선택사항)
- 관찰 내용을 보고 및 향상된 지점 예측
- 기존 기둥에 설치 및 격자 구조
- 유지보수가 필요 없는 작동
- 지상에서 가능한 손쉬운 센서 교체
- Vaisala를 통해 제공되는 데이터 Wx 호라이즌 또는 API

C GroundCast Vaisala Cast™ Sensor



- 무선 NB-IoT 통신
- 3년 이상 지속되는 배터리로 자체 전원 공급
- 측정: 3단계 온도(표면 0cm, -6cm, -30cm(0인치, -2.4인치, -11.8인치)), 표면 상태(건조함 / 건조하지 않음)
- 관찰 내용을 보고 및 향상된 지점 예측
- 설치 시간은 60분보다 짧음
- 도로에 뚫려 있으며, 모든 차선 위치에 설치, 휠 트랙 포함
- 자동 레벨링 쿠션 메커니즘으로 유지 관리가 필요 없음 (특허 출원 중)
- Vaisala를 통해 제공되는 데이터 Wx 호라이즌 또는 API

Vaisala XWeather



Q. 찾아본 결과, 날씨나 대기질 같은 것들의 정보를 다루고 있는 것을 파악할 수 있었습니다. 그렇다면 당신의 기술은 오직 기상 현상에 관한 것만 다루고 있나요?

A. 땅이나 해양의 표면, 더불어 대기나 지하에 대한 것도 다루고 있습니다.

Q. 우리는 다양한 기상 현상 등에도 관심이 있지만, 그 중에서도 물, 수질 관리 등에 관심이 많습니다. 당신은 수질 관리에 관한 것들을 추가해볼 생각이 있나요?

A. 흥미롭네요. 우리는 비에 대한 정보는 다루고 있습니다. 하지만, ‘수질’이라는 것은 엄연히 다른 것이지요. 왜냐하면, 그들은 흐르고 물에 영향을 줄 수 있는 요인이 많아서 아직은 멀리 떨어져 있어요.. 하지만, 우리는 비와 관련된 기상 현상 데이터 등을 통해 그들에게 수질 데이터에 도움을 줄 수 있습니다.

Q. 그렇다면 호소나 강 같은 곳의 데이터는 어떻게 생각하시나요?

A. 호소나 강의 수위, 유수, 온도 등에 대한 정보는 약한 상황이에요. 하지만, 우리 Vaisala 는 많은 센서를 갖고 있어서 그러한 파일럿 프로젝트를 찾고 있고, 만약 다른 곳에서 협력 제의를 준다면 언제나 “좋아 우리 센서를 그곳에 붙여보자!” 라고 할 것입니다. 그리고 나서 우리는 어떻게 이루어지고 있는지를 알 수 있겠죠.

Q. 당신의 기술은 정말 좋은 것 같습니다. 앞으로의 발전 방향은 어떻게 되나요?

A. 우리는 ‘weather balloon’을 날려 방사능이 있는 지역의 대기 정보를 측정하는 것에서 시작된 기술입니다. 이후 우리의 하드웨어를 계속해서 발전시켜왔고, weather sensor에 있어 우리는 최고의 기업입니다. 그래서, 공항이나 큰 사업기관에서 그들의 계획이 안전한지 확인하기 위해 우리의 센서를 사용합니다. 우리의 센서는 어디에나 있고, 매우 훌륭하여 정말 좋은 데이터를 수집할 수 있으며, 매우 특정한 경우에도 가능합니다. 예를 들어, 수질이나 호소, 강의 정보들도 해당 지역에 센서를 설치한다면, 이 데이터 또한 얻을 수 있습니다.

Genesis systems



Q. 공기에서 물을 추출하는 기술이라고 했는데, 어떤 기술인가요?

A. 기계가 공기를 흡입하여 분리하고 걸러서 물이 나오게 됩니다. EPPIC 이라는 사이트를 들어가면 각 지역에서 달 별로 생산될 수 있는 양의 추정치를 알려줍니다.

Q. 물 부족이라는 전 지구적 문제를 ‘공기’로부터 담수를 생산하는 기술을 생각하게 된 계기는?

A. ‘물 부족’이라는 데에서 시작된 기술입니다. 따라서 제한이 없고 지속가능한 물 공급을 만들고자 하였습니다. 하늘에서는 3,750만 gallons의 수증기를 갖고 있고, 물 부족 문제의 해결책은 공기에 있다고 생각했습니다.

Q. 주로 비상 상황이나 군대, 병원 등에서 사용하고 있는데, 이 기술이 실생활에서도 사용할 수 있으려면 어떤 점에서 보완이 필요하다고 생각하는지

A. 2024년에 출시된 WaterCube mini는 하루에 120gal을, WaterCube WC-10000의 경우 하루에 1000gal 이상을 생산하고 있습니다. 실생활에서도 문제없는 수치이죠.

Q. 대기 오염 또한 환경적 문제이기도 한데, 이는 담수 추출에 있어 수질에 영향을 주지 않나요?

A. 네. 수집한 공기를 통해 생산한 물은 필터링을 거쳐서 기계 밖으로 나오기 때문에, 대기 오염 물질로 인한 문제는 생기지 않습니다.

ECOPEACE



ECO-BOT 인공지능 수질 정화 로봇

- AI, BIG, DATA, ROBOT 등 다양한 기술 분야를 결합한 자율주행 수상 로봇
- ICT 기반 수질 정화 기술로 주요 수질 오염원인 녹조 등을 식별하고 제거하고, 지속적으로 실시간 수질 데이터를 수집하여 M&C (Monitor&Control)시스템으로 전송한다. 원격 제어 및 실시간 모니터링을 통해 무인 운영이 가능하여 다양한 분야에 접목하여 사용할 수 있다.

Q. 수표면 위의 녹조를 제거하는 자사의 ECO-BOT 500의 경우 물리적인 필터를 활용하여 녹조를 제거한다고 하셨는데, 화학적인 방법으로 제거하려는 시도는 안하셨나요? 또한 현재 사용하는 필터는 어떤 소재를 활용하는지 왜 사용하는지 궁금합니다.

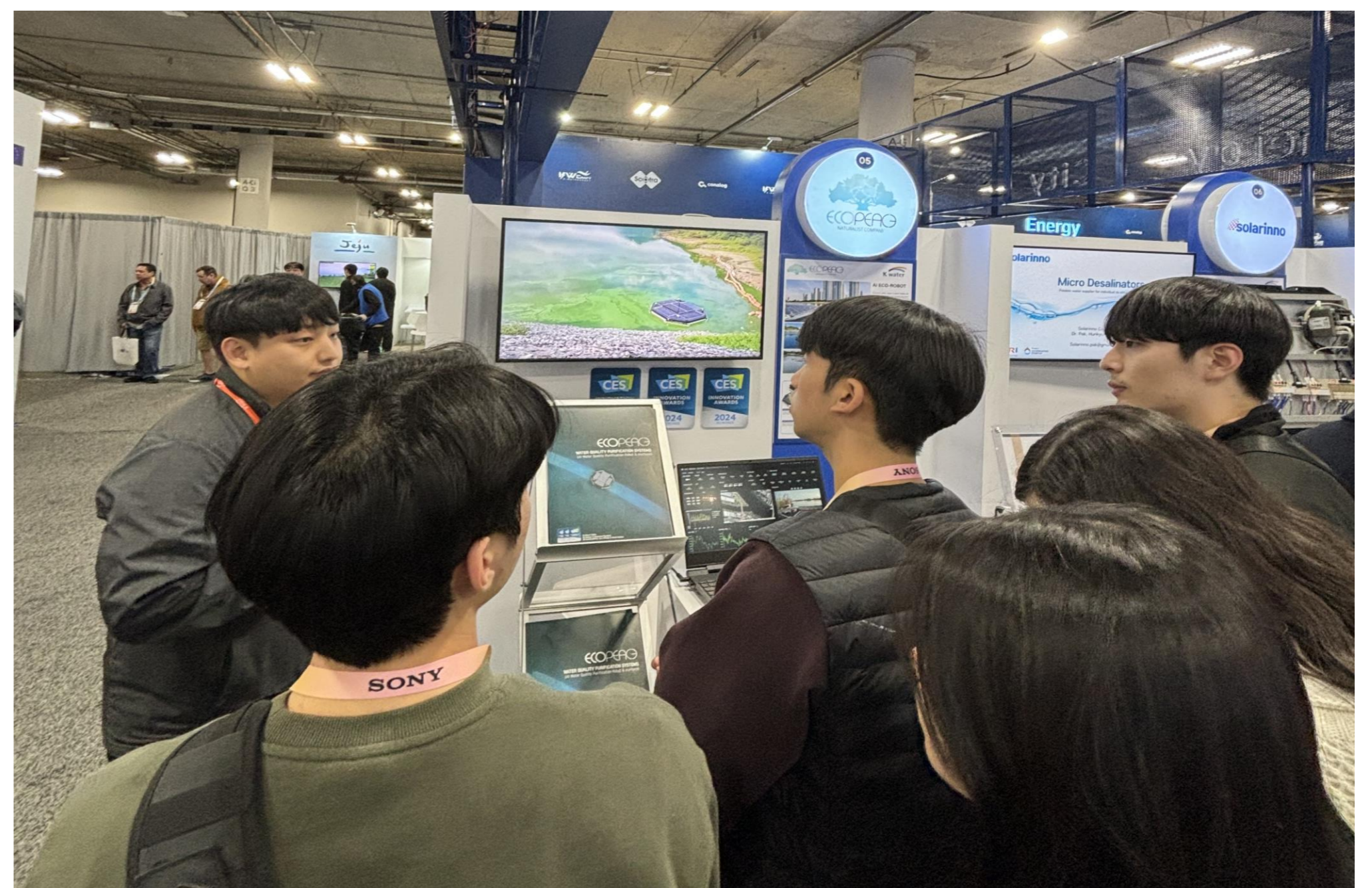
A. 물론 화학적인 방법을 통해 조류를 제거하는 것이 물리적인 필터를 활용하여 제거하는 것보다 제거 효율이 좋지만, 화학적인 제거 방법을 활용하면 지표수 중에 있는 다른 물질과 반응하여 탁도, 총질소, 총인 농도의 생성을 유발해 농도가 오히려 높아질 수 있기 때문에 물리적인 제거 방법을 사용하고 있습니다. ECO-BOT 500에 사용되는 필터의 소재는 PE 소재로 가격적인 부분에서도 이점이 있고, 화학적으로도 안정하기 때문에 사용되고 있습니다.

Q. 기기가 작동되는 데 있어서 태양열 발전 통해 에너지를 공급받는 것으로 보이는데, 가동되는데 필요한 요구전력은 모두 태양열 발전으로만 충족이 되나요? 아니면 추가적인 동력의 보급이 필요할까요? 또한 기기가 녹조를 제거하기 위해 오염농도가 높은 구역을 자동으로 찾아가는 형식인건가요?

A. 기기가 작동되는 데에 있어서 필요한 가동 전력은 모두 기기에 장착된 태양열 발전을 통해 얻은 전력을 통해 가동이 가능하며, 추가적인 동력의 보급은 필요 없습니다. 기기의 이동 관련해서는 녹조의 농도가 높은 곳을 감지하여 찾아가는 형태는 아니에요. 사용자가 원하는 경로를 설정하는 형태로 녹조 발생이 우려된다거나, 빈번하게 발생하는 지역을 설정하여 집중적으로 경로 설정을 해 녹조 관리가 가능합니다.

Q. 필터를 통해 제거된 녹조같은 경우는 어떤 방식으로 처리가 되나요? 수거된 녹조를 다른 바이오 에너지 원료로 사용하려는 시도도 해보셨나요?

A. 기기가 수표면에 있는 녹조를 필터를 통해 흡착 제거를 하고, 이후 한 곳에 수거해 소각 처리합니다. 현재까지는 녹조를 제거하는 기술에 집중하여 개발을 해왔기 때문에 초점을 두지 않았지만, 바이오 에너지와 같은 다른 방식으로도 에너지를 창출할 수 있을지 고려중에 있습니다.





Chapter 02 물산업에서의 기업기술 활용방안

녹조관리로봇



활용 제안 배경

현재 한국수자원공사에서는, 녹조 저감 및 녹조 발생 대응력 강화를 위해 녹조 관리를 수행하고 있다. 환경부와 한국수자원공사가 보유하고 있는 AI 자율주행이 가능한 무인 녹조 제거 로봇인 ‘ECO-BOT’을 공동으로 활용해 녹조 발생 지점에 신속하게 투입, 녹조를 제거하는 등 녹조 저감을 위한 다양한 노력을 기울이고 있다.

하지만, 에코피스의 ECO-BOT 회사와의 인터뷰를 통해, 알아서 경로를 이동하거나 미리 경로를 설정해놓는 것 외에 녹조가 많은 곳을 파악하여 돌아다니는 자율적인 주행은 아직 불가능하다는 답변을 받았다. 따라서 ECO-BOT에 녹조의 농도가 높은 곳을 실시간으로 감지할 수 있는 기능을 추가한다면 더욱 효율적일 것이라 생각하였다. 또한, 크기가 큰 ECO-BOT이 지속적으로 돌아다니면서 생태계에 영향을 줄 가능성이 있기 때문에 이를 해결할 수 있는 방안을 찾고자 하였다.



활용 기술 소개

	NeduCAM25
	TempCast Vaisala Cast™ Sensor 및 GroundCast Vaisala Cast™ Sensor
	ECO-BOT

녹조관리로봇



활용 방안 및 기대효과

E-con Systems + ECOPEACE

ECO-BOT에 녹조의 농도가 높은 곳을 실시간으로 감지할 수 있는 기능을 추가한다면 더욱 효율적일 것이라 생각하였고, 이에 대한 답변을 E-con Systems(카메라 개발 회사)와의 인터뷰를 통해 얻을 수 있었다. 댐이나 하천, 호소 등을 모니터링 하는 데에는 global shutter 카메라 중 하나인 NeduCAM25을 추천해 주셨으며, 특히 하천의 녹조류를 관찰하기 위해서는 색을 구별할 수 있는 color 카메라인 RGB 카메라를 사용하는 것이 좋을 것이라 하였다.(NeduCAM25도 RGB 카메라 중 하나다.) 이러한 카메라를 같은 interface를 가진 드론에 부착한 후, 드론을 이용하여 실시간으로 녹조 발생 지역을 파악하고 관리할 수 있도록 하여, 에코피스의 ECO-BOT이 실시간 데이터를 받을 수 있는 구조가 된다면 ECO-BOT에 새로운 기능을 추가할 수 있을 것이라 생각하였다.

Vaisala XWeather + ECOPEACE

미리 호소에 XWeather의 센서를 설치하여 녹조가 많이 발생하는 지역을 조사하고, 센서의 즉각적인 데이터 전송을 통해 더 효율적인 녹조 제거가 가능하도록 한다. 또한, 물고기, 수생 곤충 등 생태계에 해당 로봇이 피해를 주지 않도록 하기 위해, ECO-BOT의 예상 경로에 생물이 있을 경우 스스로 파악하여 피해가도록 하는 기능을 추가한다. 이는 E-con Systems의 카메라와 드론의 기술을 엮어 보완할 수 있을 것이다.

배수지 청소 로봇



활용 제안 배경

배수지 벽체 물세척 작업



배수지 바닥 물세척 작업



수도법 제33조 제1항. 「수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙 제6조」 및 상수도 시설 유지관리 매뉴얼 (환경부 제정) 「배수지 세척 및 소독」에 의해, 배수지 청소와 관련된 현재 운영상황을 살펴보면 다음과 같다.

배수지는 매년 4~6월 상반기와 9~11월 하반기로 나뉘어 연 2회 정기적으로 청소를 실시한다. 터널 배수지는 관로 개념을 적용하여 연 1회 실시한다. (단 유입, 유출측 검수구는 연 2회 실시) 청소 시에는 배수지 물탱크 내부의 물 때 등을 고압 물 세척 등의 방법으로 깨끗이 제거하고, 내외부 벽체 구조물 상태, 배관과 밸브 상태 등을 점검한 후 보수도 함께 실시한다. 대 배수지 (10,000톤 이상)의 경우 8명 이상 (물 세척 4, 약품분사 2, 장비이동 1, 외부 연락 1), 소 배수지의 경우 4명 이상 (물 세척 1, 약품분사 1, 장비이동 1, 외부 연락 1)을 필요로 한다. 자세한 청소작업 순서 및 방법은 다음과 같다.

가) 작업순서 및 기준

- ① 저수조 내 작업장은 도류벽을 기준으로 2~8개의 작업구획을 나누어 작업한다.
- ② 청소는 구획된 구간별로 시작지점과 끝 지점을 정해 순차적으로 작업한다.
 - 소독제 분사 20분 후 물 세척 작업을 하며, 작업순서는 천장, 벽(도류벽), 기둥, 바닥 순으로 한다.
- ③ 구간별 작업이 완료되면 감독관의 중간검사를 득한 후에 다음 구간 청소를 실시한다.

배수지 청소 로봇



활용 제안 배경

나) 공정별 작업방법

① 물 세척 청소 방법

- 1차 세척 : 고압세정기로 오염된 구조체와 철재시설 기초세정 작업 실시
- 부착물 제거 : 1차 세정으로 제거되지 않은 오염물질 제거 (솔)
- 2차 세척 : 고압 세정기를 사용하여 재차 세척작업 실시
- 잔수 처리 : 퇴적된 오니 등 침전물 저수조 밖으로 배출
- 소독작업 : 고압세정기(분무기)로 천장면 → 벽면 → 바닥 순으로 소독

② 세정제 청소 방법

- 세정제 분사 작업
- 물 세정 작업
- 세척장비는 벽면 훼손 방지 등을 위해 송수펌프로 세척하는 것이 바람직하다.
- 세정제 분사 후 10~20분 경과 후 물 세척 작업을 실시한다.
- 세척기준 (m2당): 분사량 12L, 분사시간 4초, 분사압력 3kg/cm2

③ 세척잔수 배출 ⇒ pH값 측정

- 천정과 벽 구간 청소작업이 완료되면 세척잔수 pH값을 측정한다.
- pH값이 배출기준(5.8~8.6)을 만족하면 퇴수밸브를 개방하여 배출한다.
- 청소 후 남은 잔수는 배출설비(배수펌프, 습식 진공청소기 등)을 이용하여 완전히 제거하여야 하며, 청소 시 세척잔수는 하수관으로 유입시켜 하천오염이 없도록 유의한다.

④ 바닥청소 ⇒ 물 세척 작업

- 청소 세척수 배출이 마무리된 후 바닥 청소작업을 시작한다.
- 바닥청소는 퇴수구를 중심으로 안쪽부터 퇴수구 방향으로 이동한다.
- 바닥청소는 소방호스(고압세척기)로 세척하고 밀 때 등 청소도구를 이용하여 잔수정리 작업을 실시한다.
- 바닥구배 불량으로 고인 물은 배수펌프 또는 진공흡입기로 배출한다.

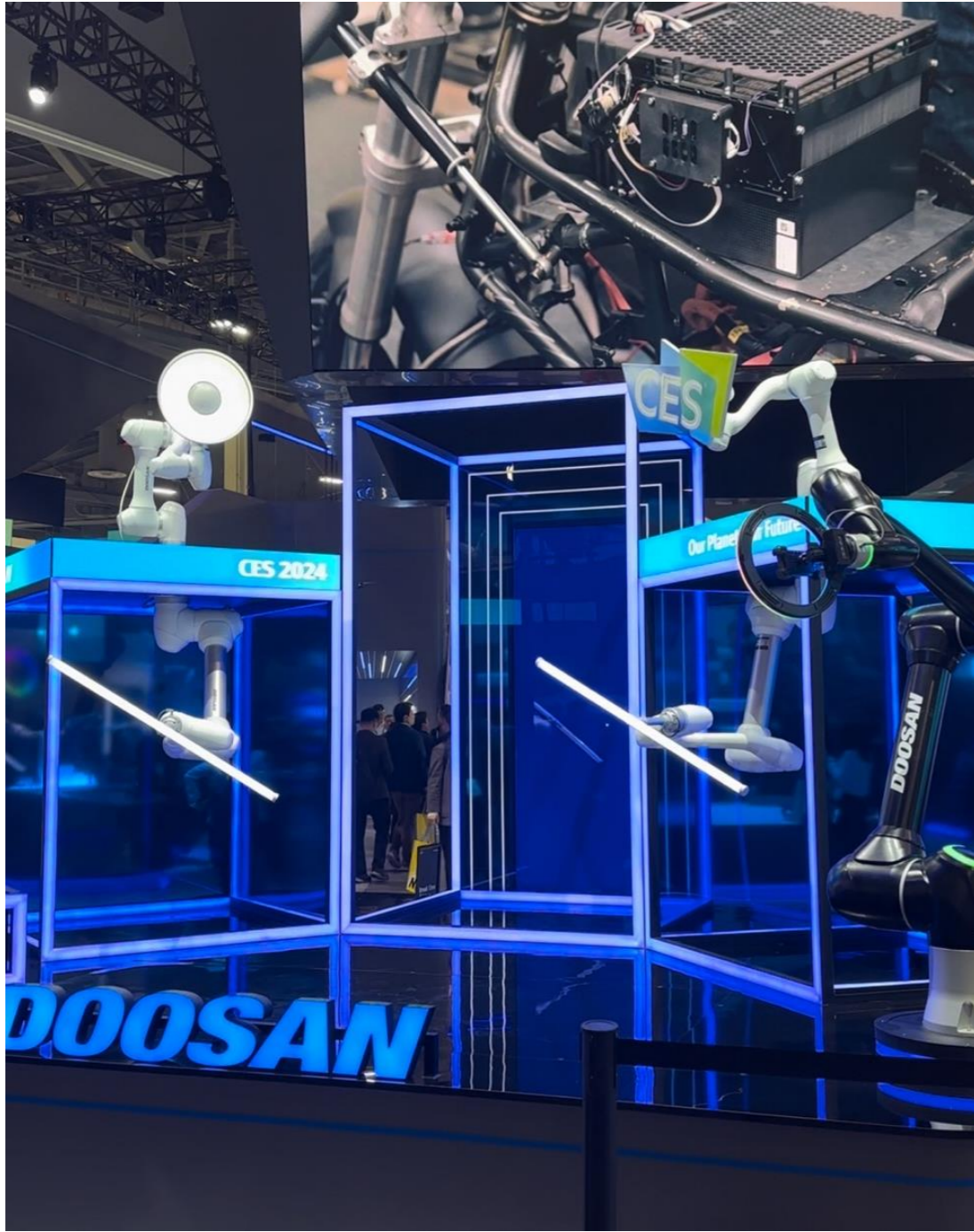
⑤ 구간별 청소작업이 완료되면 감독관은 중간 확인검수를 실시한다.

⑥ 청소 후에는 저수조 내 물을 일정량 채운 후에 수질검사를 실시한다.

배수지 청소 로봇



활용 기술 소개



두산 AI 협동로봇

두산 로보틱스에서는 AI를 통해 한층 더 고도화된 로봇 솔루션을 선보였다. 인간의 움직임을 정교하게 구현하며 다양한 현장에서 활용되고 있는 두산의 협동 로봇은 스스로 학습, 예측, 판단하며 작업을 수행할 수 있도록 발전하였다. 재활용품을 종류별로 스스로 분류하는 협동 로봇 솔루션 'Oscar the Sorter'는 물체를 집으며 종이컵, 플라스틱 용기, 캔 등의 특성을 학습하고 분류하는 모습을 보였으며, 협동 로봇 bartender인 "MOODIE"는 표정을 분석해 그에 맞는 칵테일을 제공한다. 이러한 작업을 자체 개발 소프트웨어 플랫폼 '다트 스위트(Dart Suite)'를 통해 개발자, 사용자 모두가 스마트폰을 사용하는 것처럼 쉽게 이용할 수 있다고 설명하였다.

AIPER[®]
— bring vacation home —

Aiper Scuba S1 Pro / Aiper Scuba N1 Ultra

Aiper Communication Buoy



Doosan AI 협동 로봇

배수지 청소 로봇



활용 방안 및 기대효과

Aiper + Doosan Robotics

이전에 Aiper의 수영장 로봇 청소 기술을 보았을 때, 수작업으로 청소 작업을 하고 있는 배수지가 떠올랐다. 이러한 청소 기계를 배수지 청소에 적용시킬 수 있다면 효율적으로 관리할 수 있을 것이라 생각하였다.

Aiper의 기술을 배수지(Drainage) 청소에 사용할 수 있는지에 관한 인터뷰 질문에 대하여, tank가 굴곡지게 되면 힘들 수 있다는 문제와, 사이즈가 20mX10m, 깊이는 2.5~3m 정도보다 클 때는 힘들 것이라는 문제가 있었다. 또한, 청소 기계의 플라스틱 부품들로 인해 수질에 영향을 줄 수도 있을 것 같다는 답변을 받았다. 이를 통해 Aiper의 수영장 청소 로봇을 배수지 청소에 사용하기 위해 해결해야 할 점은 크게 두 가지로, 크기와 소재일 것이라 생각하였다.

두산 로보틱스의 협동 로봇을 보며 주목하였던 점은 더욱 정교해진 움직임과 스스로 학습, 예측, 판단이 가능하다는 점이었다. 이를 통해 크기 문제를 해결할 수 있고, 배수지 청소 작업의 세부적인 사항들까지 학습하기에 적합할 것이라 생각하였다. 비교적 작은 수영장에 사용되는 Aiper의 청소 로봇 기술을 배수지를 청소할 수 있을 만한 크기의 협동 로봇에 접목 시킨 후, 배수지 청소작업에 관한 매뉴얼을 참고하여 각각의 기능과 세부적인 사항들을 추가하는 것이다.

소재 문제와 관련해서는 이번 CES 2024를 통해 명확한 답을 찾을 수 없었지만, 수질에 영향을 주지 않는 소재 (예를 들면, 스테인리스 스틸, HDPE(High-Density Polyethylene) 등)를 사용하는 방안을 찾는다면, 배수지 청소 로봇 기술을 사용할 수 있을 것이라 생각한다.

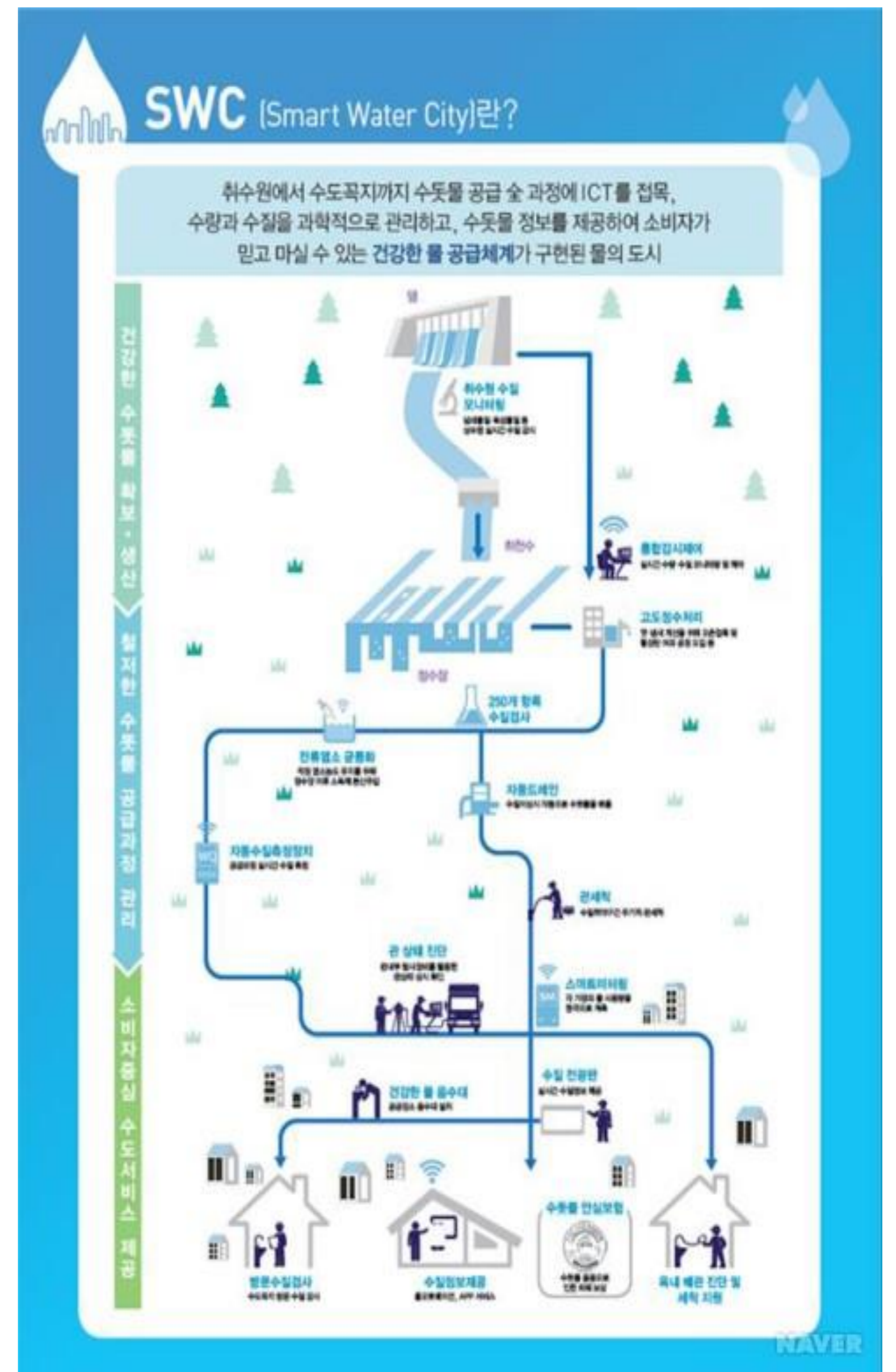
상수도 관망 데이터 관리 및 활용



활용 제안 배경

스마트 워터 시티(Smart Water City)는 취수원에서 수도꼭지까지 공급 전 과정에 ICT를 접목하여, 수량 수질의 과학적 관리로 소비자가 믿고 마실 수 있는 스마트 물 관리 체계가 구현된 물의 도시를 의미한다. K-water는 건강한 수돗물 공급 시범사업인 ‘스마트워터시티’를 통해 직접 음용률이 1%에서 19%로 향상됐다고 10일 밝혔다. 블록 단위의 급수 구역에 대한 원격 감시를 위해서는 통상적으로 유량계, 수압계, 수위계 등의 각종 센서 (HW)가 급수 구역에 설치되고, 각 센서에서 취득된 데이터는 TM /TC와 같은 원격 감시 설비에서 수집된다.

따라서 이러한 효과를 위하여 상수도 관망 데이터를 소비자들에게 수돗물에 대한 믿음을 강화해주기 위한 방향으로 활용할 방안을 생각해보았다.



활용 기술 소개

- MetaVu Spatialized Data 공간화된 데이터 / GPS

3D 시각화, layer층 별로 시각화, 물체 및 위치 조정, 위치 정보 업데이트, IoT 센서와 연결 + 지리적 특징에 따른 기울기 적용

- MetaVu Supported Device : Tablet/ HoloLens

상세 정보 조회, 작업장의 상황 기록 및 현장 상황 캡처, 거리 및 높이 측정

상수도 관망 데이터 관리 및 활용



활용 기술 소개

MetaVu-GIS

MetaVu-GIS는 ICT기술(5G, XR, IoT, GIS등)을 기반으로 육안으로는 확인하기 어려운 지하시설물을 가시화하여 구축, 점검, 관리, 분석 등 통합 관리를 가능하게 해주는 스마트 공간정보 플랫폼이다. 지하시설물의 경우 지방자치 단체에서 이미 보유하고 있는 공간정보 DB정보를 실시간으로 받아와서 3D 모델 라이브러리를 기반으로 실시간 3D 가시화를 수행한다. 또한, 경사로 등 복잡한 도시 지형을 반영하여 지하시설물 정보를 정확히 가시화한다. 뿐만 아니라 아무것도 없는 건축 예정 부지에 3차원으로 설계된 3D건물을 가시화하여 보여주거나, 공사중인 건설 현장에서 3D BIM정보를 확장 현실로 가시화하여 제공함으로써, 공사현장에서의 커뮤니케이션을 보다 명확하게 하며, 공사 중 발생가능한 불량을 점검하고, 공사진행 상황을 직관적으로 비교,분석,보고 할 수 있다.

이는 지원 시스템인 MetaVu-Remote와 연계하여 지하시설물 관리 및 공사, 건설 현장 등에서 실시간으로 현장의 엔지니어링 문제 및 사고 현황 정보를 외부의 전문가 또는 상황실과 공유하여 보다 빠르게 상황을 전파하거나 공유하여 문제를 조기에 조치할 수 있도록 도와준다.



Metavu-GIS



드론 모니터링 +스마트 워터 시티 정책

상수도 관망 데이터 관리 및 활용



활용 방안 및 기대효과

MetaVu+ 드론 모니터링 기술

MetaVu-GIS 기술에 드론 모니터링 기술을 융합한다면 직접 걸어 다니지 않고도 모든 구역의 지하시설물을 관찰, 관리 할 수 있다. 또한, 지하시설물의 전체적인 구조와 관망의 표면적 정보만을 관찰하고 제공하는 것에서 나아가, 내부의 구조를 파악할 수 있는 카메라 등의 기능을 추가한다면(E-con Systems의 카메라를 사용할 수도 있겠다.) 전체 관망에서의 누수 관리를 동시에 진행할 수 있을 것이라 생각하였다. 이렇듯, 스마트 워터 시티의 관망 데이터와 Metavu의 관망 관찰 기술, 드론 모니터링 기술을 결합한다면 효율적인 관리를 할 수 있을 것이다. 나아가 어플로 연결시켜 사람들에게 공개할 수 있다면, 서울 시내의 수도관을 핸드폰 어플만으로 렌즈를 통해 모두가 볼 수 있도록 하여 수도관망에 대한 신뢰도를 높일 수 있을 것이다.

누수 관리



활용 제안 배경

지방상수도 우수율 제고 사업은 우수율 제고 사업화 단계와 관망운영관리 단계로 크게 구분 할 수 있다. 우수율 제고 사업화 단계는 운영초기, 관망도 전산화, 블록시스템 구축, 관망정비 등을 수행하여 낮은 우수율 수준을 단기적으로 일정 수준의 목표 우수율 달성을 목적으로 하고, 관망운영관리 단계는 목표 우수율 유지를 목적으로 한다. 우리나라의 우수율 제고사업화 단계는 태백권 상수도관망 최적관리시스템 구축 사업(2010~2015년), 지방상수도 현대화사업(2017~2024년) 등과 같은 국책 사업이 대표적이며, 관망운영관리 단계는 K-water의 지자체 위수탁 방식인 운영효율화사업(2004~현재)이 대표적이다. 그리고, 지방상수도 현대화사업은 2단계 현대화사업(우수율 제고사업화 단계) 및 Post 현대화사업(관망운영관리 단계)을 지속적으로 추진중에 있다.

우수율을 높이는 것은 경제적, 수질적 측면 모두에서 중요하다. 따라서 우수율을 높이기 위한 지속적인 노력을 하고 있으며, 현시점에서 적은 인력과 시간, 비용으로 정확하게 누수를 탐지하는 기술에 대한 필요성이 강해지고 있는 상황이다. 유량의 급격한 변화 등 센서를 활용한 방법이 고안되어 활용 중이나 다양한 방향으로 누수탐지를 하는 방안을 생각해 보았다. 기존에 활용하던 방안인 전문가가 소리로 누수를 탐지하는 것을 음성 인식 기술과 융합한다면 쉽고 빠르게 탐지할 수 있을 것이라는 생각이 들어 기술 융합을 시도해보았다.



누수 관리



활용 기술 소개



CSKY.AI의 ClearMind

ClearMind 개인 비서는 개인 정보를 침해하지 않고 기밀 대화를 처리하고 향상하도록 설계된 독특한 스마트 마이크 기술이다. 이 올인원 장치는 민감한 회의를 안전하고 체계적이며 규정을 준수하는 보고서로 변환하는 동시에 정보를 회의실 내에 안전하게 보관할 수 있다. 방에 들어가서 대화를 시작하면 ClearMind가 메모 작성 업무를 처리하며 완전한 기밀을 유지한다. 간편한 플러그 앤 플레이 통합, 직관적인 인터페이스, 원격 서버가 없다는 것이 장점이다.



ClearMind



AUGMENTED REALITY
metavu

Metavu-GIS

누수 관리



활용 방안 및 기대효과

Metavu+ CSKY.AI

MetaVu-GIS 기술을 활용하여 도시 지하에 매설되어 있는 상하수도 관망을 디지털 트윈 형식으로 구현하여 관망 체계를 정확히 파악할 수 있다. 이와 동시에 관망에 소리를 감지하는 센서를 설치하면 소리 데이터까지 함께 관리할 수 있다. 이렇게 수집된 소리 데이터를 모은 후 CSKY.AI의 ClearMind 기술을 활용하여 수도 누수 시에 발생하는 특정한 소리를 학습한다. 사람의 음성과 발음으로 정확하게 단어를 인식할 수 있을 만큼 고도화된 기술이라면 소리의 진폭 등을 학습하는 것도 충분히 가능하리라 생각된다. 학습 이후에 실시간 모니터링을 통해 소리를 측정하고 이상시에 알림 기능을 설정한다면 빠른 누수관리 대처가 가능할 것으로 판단된다. 즉 누수탐지에 소요되는 비용을 절감할 수 있으며 물의 낭비를 빠르게 방지할 수 있으므로 수자원을 보호할 수 있을 것으로 기대된다.

수돗물 간접 음용률 증가



활용 제안 배경

수돗물 불신의 시작은 1991년 낙동강의 폐놀 유출사건을 시작으로, 인천 서구를 비롯한 일부 지방에서 적수 사태가 빚어지고 전국 정수장 27곳에서 깔따구 유충이 발견되며 심화되었다. 더불어 먹는 샘물과 정수기 업체가 상업적 목적을 위해 수돗물 불신을 더욱 조장한 영향도 있을 것이다. 또한, 어렸을 때부터 수돗물을 끓여 먹는 모습을 봐왔기 때문에, 수돗물을 직접 음용한다는 것에 대한 거부감 또한 자리 잡고 있다.

수돗물 홍보협의회와 수돗물 시민 네트워크가 전국 성인 1만2196명을 대상으로 실시한 '2017년 수돗물 먹는 실태 조사'에서 '수돗물을 그대로 마신다'(직접 음용)는 응답 비중은 7.2%에 그쳤다. 절반 가까이(42.2%)가 수돗물을 마시긴 하지만 '끓이거나 조리해서 마신다'(간접 음용)고 했고, 나머지는 정수기(34.3%)나 생수(13.1%), 지하수·약수(3.2%) 등을 이용한다고 대답했다. 따라서 수돗물의 음용률을 높이기 위하여 간접 음용률에 집중해 보았다.

[그림 1] 상황별 물을 이용하는 형태



* 단위: % ※ 각 상황별로 2개 이상 중복 선택이 가능하기 때문에 총 합계는 100%를 넘을 수 있음.

수돗물 간접 음용률 증가



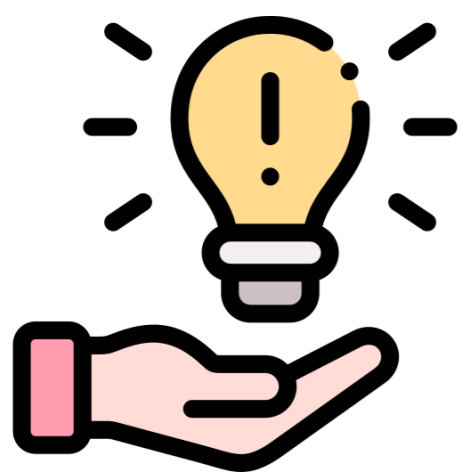
활용 기술 소개



Brita 정수기

물병 안에 내재되어 있는 필터를 통해 수돗물을 부으면 깨끗한 물이 되는 정수기 기술, 1980년 전문가 등급의 필터를 출시하자 바리스타와 레스토랑 경영자들이 정수된 물맛이 뛰어난 것을 확인하고 주 이용자층이 되었다. 물이 중요한 차, 커피뿐 아니라 요리에도 브리타로 정수한 깨끗한 물을 사용하니 맛과 풍미가 향상됨을 경험한 이들 사이에서 상업용 정수기 부문은 빠르게 성장했습니다.

	Bello 여과 및 개인화 기술
	Brita 정수기



활용 방안 및 기대효과

Bello + BRITA

앞서 밝힌 바와 같이 bello의 필터 기술은 염소, 납, 살충제 등과 같은 안전하지 않은 화학물질과 오염 물질을 효과적으로 제거할 뿐만 아니라, 미세 투여 시스템을 통해 캡슐을 넣고 버튼을 누르기만 하면, 개인 맞춤형 건강 음료를 만들 수 있다. 2021년 환경부에서 72,460가구를 대상으로 실시한 '2021 수돗물 먹는 실태조사'에 따르면, 직접 음용했을 때에 특유의 수돗물 냄새, 즉 염소 냄새에 의한 불편 경험이 9.9%로 가장 컸다. 사람들은 특유의 수돗물 향을 없애기 위하여 보리차, 옥수수 수염차 등과 같이 향을 내는 재료를 함께 끓여서 먹는다. 연구 결과에 따르면, 수돗물을 20분 정도만 가열하여도 잔류염소는 모두 제거되었으며 소독부산물(THMs + HAAs + CH)도 최대 65%까지 제거되는 것으로 나타났다. 물을 다른 재료와 함께 끓여 보관하는 번거로운 과정 없이 직수형 정수기의 형태로 필터를 통해 취향에 따라 건강하고 깨끗한 물을 맛있게 이용할 수 있다면, 간접 음용률을 높일 수 있을 것으로 생각한다.

스마트 하수처리장



활용 제안 배경

- 스마트 하수처리장의 필요성 증가

과거 5년간(2014~2018) 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 초과 횟수를 살펴보면 2014년에는 하수도법 위반건수 292건 중 방류수 수질 기준 초과는 202건(69.2%)이나 2018년은 위반 건수 403건 중 방류수 수질 기준 초과가 288건(71.5%)로 증가한 것으로 나타났다.(환경부, 2019) 이러한 원인은 크게 유입하수 농도의 증가와 운영자의 전문성 부족, 계측기의 유지관리 미흡 등으로 꼽을 수 있다. 또한, 현재 하수처리장에 설치된 센서는 배관에 이물질로 인한 막힘, 부식, 측정 범위 불량 등의 문제가 발생하고 있으며 계측기 가격이 높게 형성되어 있어 설치가 어려운 상황이다. 따라서 스마트 계측 시스템으로 정확한 진단을 통해 방류수 수질기준의 안정적 준수 및 운영비 절감을 위한 지능형 하수처리장이 필요한 시점이다. 특히 수온 센서, 펌프 유량, 유량 센서가 스마트 하수도 처리장을 운영하는 데 있어서 가장 우선적으로 설치되어야 한다.(2022, 이지원 외 2명)

- 중요 인프라의 사이버 보안 강화

2021년 플로리다주 올즈마에 위치한 정수장에서 사이버 공격이 발생했다는 소식이 전해지며 중요 인프라의 사이버 취약성에 대한 우려가 발생하였다. 프로토콜을 제어하는 기능을 열어 물 속의 수산화나트륨 한계치가 크게 증가하면서 물 속에 다량의 화학물질이 투입된 것이다. 이후 사용자 실수로 인해 발생한 사건이라는 보도가 나왔으나 상수도만큼이나 하수도 역시 제대로 처리되지 않은 상태로 방류될 시에 자연환경 및 국민의 건강 문제와 직접적으로 연결되는만큼 플랜트 공정에 대한 보안이 중요하다고 말할 수 있다.

스마트 하수처리장



활용 기술 소개



Digi international Sensor

- DIGI IX20

: 펌프의 상태를 원거리에서 실시간으로 모니터링 할 수 있음

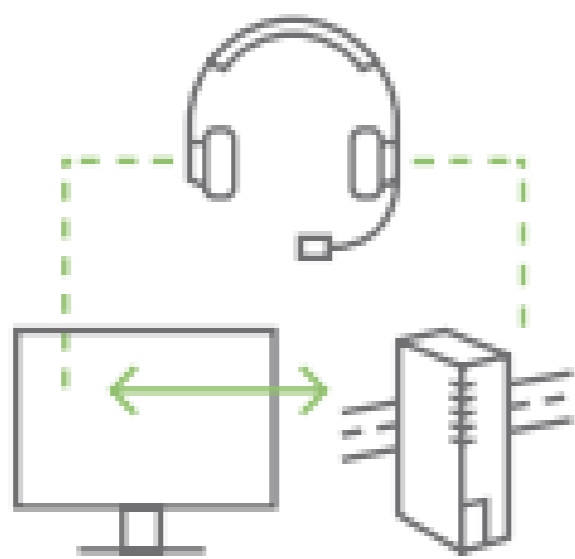
- Digi Connect® Sensor+

: 수중 압력 센서와 결합되었을 때 낮은 가격에 이용할 수 있으며 추가적인 인프라 설치가 필요 없음

- Digi XBee® radios

: 하수의 수위를 모니터링할 수 있음

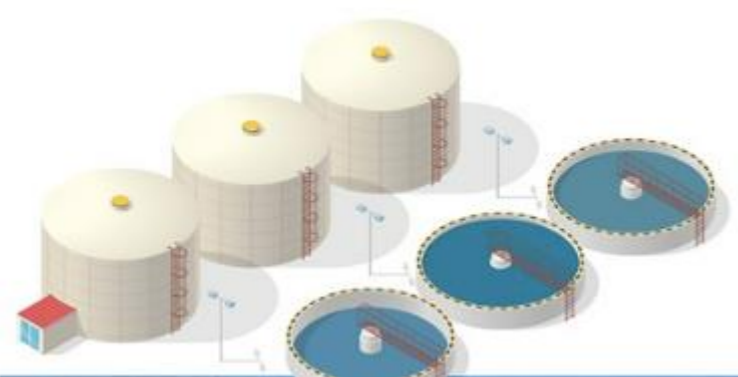
각 센서에서 측정된 값은 Cloud를 통해 데이터가 모아져서 확인이 쉽다. 또한 각 데이터들은 보안화가 진행되기 때문에 안전하게 활용 가능하다.



Reliable Technology

Digi products are engineered for reliability, consistency and integration with a wide variety of sensors and operational SCADA systems, and we back them up with expert technical support. With Digi LTE connectivity, you can monitor critical assets in order to meet service quality, regulatory and reliability goals.

DIGI Sensor



기존 하수처리장

스마트 하수처리장



활용 방안 및 기대효과

DIGI+ 기존 하수처리장

현재 국가에서 예상하고 있는 스마트 하수도 사업의 기대 효과를 달성하는 데에 많은 도움을 줄 수 있으리라 생각한다. DIGI의 센서들은 낮은 비용에 LTE 속도로 데이터를 전송할 수 있으며 하수도의 유량과 펌프 상태를 정확하게 확인할 수 있다는 장점이 있기 때문이다. 또한 각 데이터들이 보안화되기 때문에 플랜트의 중요 정보를 관리하는 데 있어서 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 스마트 하수도 사업 진행 시에 실시간 수량 모니터링 및 제어를 통해 도시 침수 피해를 예측 대응할 수 있으며 처리 공정을 최적화하여 안정적으로 하수를 처리하고 에너지를 절감할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 이 활용 방안의 기대 효과는 방금 언급한 스마트 하수도사업의 기대효과와 동일하다고 판단된다.

하수 재이용: 에너지 생산



활용 제안 배경

- 수소 에너지의 전세계적 사용량 증가

IEA 전망에 따르면 2030년 수소 수요는 약 1억 5000만 톤으로 늘어나고 이 중 40%가 수송 부문이나 전력 부문 등 신규 부문에서 청정수소가 공급될 것으로 전망했다. 우리나라의 경우 ‘수소경제 육성 및 수소 안전 관리에 관한 법률과 같이 정부의 제도적 기반을 구축하고, 2050년 탄소중립을 위한 5대 기본방향에서도 언급하는 등 수소 에너지가 탄소중립의 중심에서 자리매김할 수 있도록 하고 있는 상황이다. 따라서 물 산업 분야에서도 친환경 에너지에 대한, 그 중에서도 수소 에너지에 대한 관심이 다른 산업계와 유사하게 증가하고 있다. 아래 기사는 2024년 k-water 업무보고회에서 발췌한 내용이다.

“물을 재활용한 재생에너지 개발과 공급을 확대하여 수출 기업이 직면한 녹색 무역 장벽을 해소하고 국가 탄소중립 실현에도 기여할 것입니다. 기업, 지역과 상생 협력하여 수상태양광, 조력, 수열 그린 수소 등 재생에너지 기술을 공동 개발하고 직접 공급을 확대하는 방안을 모색할 것입니다.”

- 드론 사용

현재 물산업 분야에서 드론이 활용되고 있는 바는 아래와 같다.

- (1) 지능형 댐 안전관리 기술

3차원 손상정보 시스템 개발 기획연구, 지능형 댐 안전관리 플랫폼 기초 기술(‘17~’20)
드론활용 3D 디지털 매핑, AI 균열 검출, 디지털 트윈 기반 안전관리체계 시범 구축 등 4차산업혁명 기술을 접목한 댐의 조사·점검·관리 효율성을 높이고 빠른 의사결정이 이루어질 수 있도록 지원

- (2) 드론을 이용한 조류 경보제 시행

다중분광센서(Multi-spectral imaging sensor)’는 가시광선 영역(400~700nm)과 근적외선 영역(700~1,000nm)에서 수개의 주요 분광밴드로 나눠 영상을 촬영해 대상체 고유의 분광학적 특성을 종합적으로 파악함으로써 보다 정확한 클로로필-a 농도를 얻을 수 있다.

하수 재이용: 에너지 생산



활용 제안 배경

- 해상 태양광 상용화

태양광 발전은 친환경적인 장점에도 불구하고 면적 집약적인 특성으로 인해, 토지 훼손의 주범이라는 비판을 받아왔다. 우리나라처럼 인구 밀도가 높고 가용 토지의 사용 용도가 제한된 국가에서는 제대로 활용하기가 어렵다. 이러한 태양광 발전의 단점을 보완한 것이 수상 부유식 태양광(floating solar) 발전이다. 말 그대로 태양광 발전 장치를 댐이나 저수지, 호수 같은 잔잔한 물 위에 떠있도록 하는 것이다. 수면에서 생산된 전기는 수중 케이블을 통해 송전탑으로 보내진다. 부유식 태양광 발전은 무엇보다 토지 활용율을 높이고 태양광 모듈의 열을 물로 자연스럽게 냉각시켜 높은 에너지 효율도 달성할 수 있다. 저수지에 설치할 경우 물의 증발도 막아주며, 태양광 패널 아래는 양식장으로도 활용 가능하다. 최근에는 댐이나 저수지를 벗어나 바다에서도 부유식 태양광 발전을 시도하려는 도전이 이어지고 있다. 환경부(장관 한화진)가 2030년까지 댐 수면 15곳에 0.5GW 규모의 수상 태양광발전설비를 구축하고, 발전사업 규모를 1.1GW까지 점진적으로 확대한다. 수상 태양광은 상용화 모델 개발 이후 지금까지 3개 댐에서 49MW가 운영 중이다. 발전시설을 물 위에 설치하기 때문에 산림훼손이 없고, 수면의 냉각 효과로 육상태양광보다 발전효율이 5% 정도 높다. 합천댐 수상 태양광은 2012년 설치 이후 지금까지 10년 넘게 환경안전성을 평가받은 결과 환경에 미치는 부정적인 영향이 없는 것으로 확인됐다.

그린뉴딜 신재생에너지 과제

	2020년	2022년	2025년
태양광·풍력 재생에너지 발전용량	12.7GW	26.3GW	42.7GW
수소원천기술	기초수준		원천기술보유(2026년)
수소도시	0곳	3곳	6곳

2025년까지 11조3000억원 투자, 일자리 3만8000개 창출

*자료: 산업통상자원부
그래픽: 이지혜 디자인기자



하수 재이용: 에너지 생산



활용 기술 소개

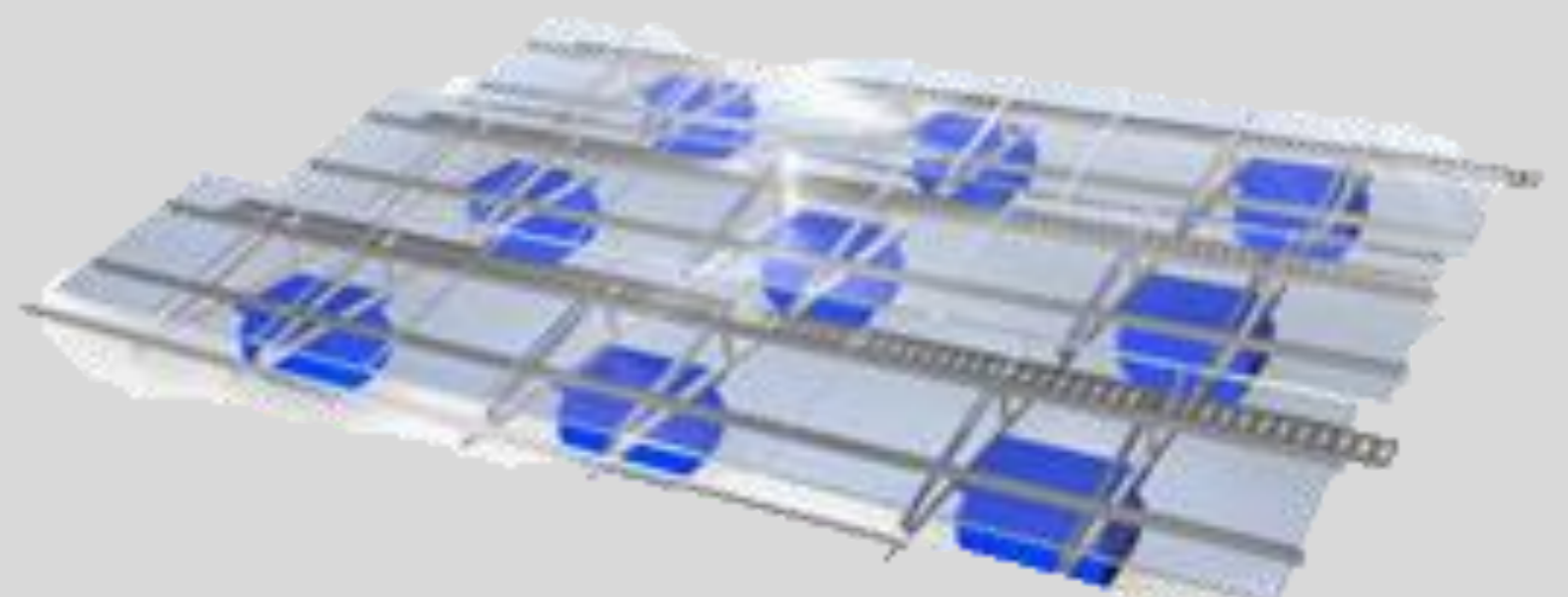
Hyundai W2H(Waste to Hydrogen)

W2H는 음식물 쓰레기, 하수슬러지, 가축분뇨 등과 같은 유기성 폐기물에서 발생된 메탄을 정제해 바이오 가스를 만든 후, 수소로 변환하는 방식이다. 수집된 유기성 폐기물은 파쇄, 선별 등의 전처리 공정을 거친 후 혐기소화조에서 미생물에 의한 발효 과정을 거쳐 바이오가스로 생성된다. 다음으로 이산화탄소와 불순물을 제거하여 바이오메탄이 된 후, 수소추출기에서 개질 반응을 통해 수소로 생산된다. 현재 대한민국 충청주에서 바이오가스 수소 생산/활용 실증 사업에 현대건설과 현대로템이 협업하여 참여 중이다. 음식물쓰레기를 활용하여 일 500kg 규모의 수소를 생산하고, 수소차까지 통합적으로 상업 운영되는 세계 최초의 설비로, 일 60톤의 폐기물을 활용한다. 또한 버려진 폐기물을 통해 지역 단위의 미니 수소 생산 허브를 개발하고 지역 단위 자원 독립 모델을 구축할 수 있다는 점이 큰 장점이고, 수소 운반 및 저장 과정의 비용을 절감함으로써 수소 자원의 독립성을 높일 수 있다. 이러한 장점을 바탕으로 개발도상국 및 선진국 등 지역 별, 국가 별 특화된 자원순환 패키지사업을 전개해 나갈 계획이다.



SCOTRA 수상태양광

내부 6개의 독립공간이 형성된 격벽구조이며 무충진제 방식으로 재활용가능하다. 빙압과 열 팽창, 수축에 의한 변형이 거의 없고, 국부 파손시 부력을 유지하며, 약 20% 파랑 감쇄 효과가 있다. 특히 탄성체 계류장치가 파동을 견디게 해주는 메인 시스템이라고 볼 수 있다.



하수 재이용: 에너지 생산






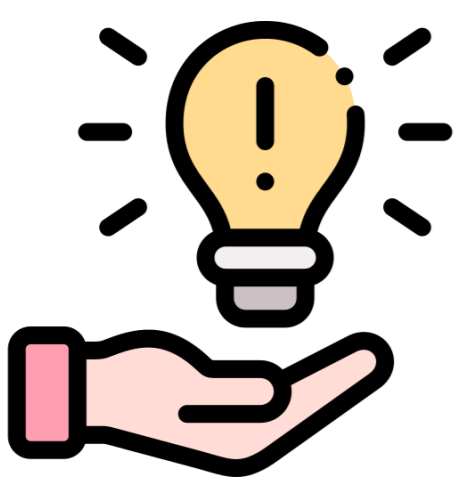
활용 기술 소개

Doosan DT30X



DT30X은 세계 최초의 일체형 수소연료전지 드론으로 연료전지 시스템이 드론 내부에 위치하여 방수기능이 포함되어 있으며 산업용 환경에 적합하다. 유선형설계, 최적화 된 연료전지시스템, 강한 내풍성을 보유하여 효율적인 비행이 가능하다. 또한 통합형 GCS 시스템을 적용하여 효율적으로 비행경로를 계획하고 안정적인 비행 임무를 가능하게 하며 기존 배터리 드론 대비 4배 이상의 비행시간을 보유하고 있다. 긴 체공시간과 넓은 비행 면적으로 작업 시간과 비용을 획기적으로 절감할 수 있다.

	해상 태양광 장치
	DT30X
	W2H 수소 생산 기술



활용 방안 및 기대효과

탄소중립 2050을 실현하는 데 있어서 많은 도움을 줄 수 있어 운송, 주거, 산업계에 청정 에너지를 공급할 수 있을 것으로 예측된다. 또한 물산업을 비롯한 다양한 업계에서 활용되는 드론도 수소 에너지를 활용하여 장기간동안 안정적으로 운전할 수 있을 것이다.



Chapter 03

특별편: 기관 소개 및 적용 방안

GWRS



캘리포니아의 수자원은 대체로 다른 주로부터 사오는 물과 지하수에 대부분을 의존하고 있는 상황이다. 따라서 물 재이용의 중요성이 큰 지역이라고 볼 수 있다. 이 하수처리장에서 처리된 물은 지하수대에 충전되어 식수로 사용하는 지하수를 재충전하고 바닷물이 지하수대에 침범하는 것을 막는 wall 역할을 한다. 처리과정은 간략하게 Preliminary treatment(스크린을 활용한 조대 고형물 제거), Primary treatment(침전지를 활용한 자갈, 기름 성분 제거), Secondary treatment(용해성 유기물 제거) 과정으로 구분할 수 있다. 이 과정을 모두 거친 처리수는 MF(micro filtration)와 RO 막을 통과한 후 과산화수소 라디칼과 UV 소독을 통해 매우 깨끗한 수질의 물로 만들어진다. RO를 통과하면서 생기는 문제점인 pH 강하 문제를 해결하기 위해 스트리핑으로 이산화탄소를 제거하는 과정까지 포함하고 있다. GWRS의 저수탱크 용량은 130MGD(492,000m³)이다. 기존에는 더 적은 양이었으나 증설을 통해 점점 처리 용량을 증가시키고 있는 추세이다. 이 하수처리 process가 도입되기 이전에는 생활하수를 간단하게 처리하여 바다로 방류했기 때문에 물을 버려야 하는 상황이었지만 고도처리를 도입하여 다시 사용할 수 있게 되었으며 다른 지역에서 물을 사오는 것보다 매우 경제적이라는 것에 의의가 있다.

제주도의 경우 용천수를 포함한 지하수가 이용되는 수자원의 96%를 차지한다. 제주특별자치도와 제주지하수연구센터가 발행한 '2022 지하수 관측 연보'에 따르면 제주 서부와 동부의 지하수 오염 신호가 지속적으로 관측되고 있다. 그중 염소이온 농도가 상대적으로 높게 나타났는데 이는 해수 유입을 원인으로 꼽고 있는 상황이다. 따라서 해수 유입이 잦은 제주 동부 지역에 GWRS의 지하수 wall 기술을 도입하는 것도 고려해볼만 하다고 생각한다. 특히 제주도의 지하수 함양률은 43.5%로 높은 편이기 때문에 더 쉽게 지하수를 통과시킬 수 있을 것으로 생각된다.



후버댐의 저수량은 320억 m³에 달하고 다목적 댐이기 때문에 수력 발전도 함께 진행하고 있는데 최대출력 135만 kW를 발전할 수 있다고 한다. 처음에는 이 양이 잘 가능되지 않았는데 우리나라의 최대 다목적 댐인 충주댐의 최대출력이 40만 kW인 것을 볼 때 엄청난 규모의 댐이라고 볼 수 있을 것이다. 이렇게 큰 규모의 댐을 건설하기 위해서는 벽의 인장강도나 전단력 등을 많이 고민해야 했을 것이다. 이러한 고민 끝에 중력아치 댐의 형태로 설계되었으며 높이 등을 선정하기 위해 홍수량, 강우량 등을 파악하여 과잉 설계를 하지 않으면서 최대한으로 활용할 수 있도록 선정했다고 한다. 이렇게 제작된 댐은 지하수 충전과 전력 생산 등 부가적인 기능을 함께 할 수 있다는 점에서 댐이라는 건설물이 도시를 유지하는 데에 얼마나 중요한 기능을 하는지 알 수 있었다.



HOOVER DAM

Ucla

우리나라 역시 비점오염원을 예방하기 위하여 많은 노력을 하고 있는 상황이다. 팔당상수원 비점오염원 최적관리사업 기본계획 및 타당성조사에 의하면 팔당 상수원 유역 전체 오염량 중 비점오염원의 기여율이 발생량 기준으로 19.6% 정도로 추정되어 부문별 비점오염원 관리 요령을 제정하고 있는 상황이다. 이러한 점을 볼 때 강연 속 연구 내용은 간단한 식 하나로 오염물질 부하량을 보다 정확하게 예측했다는 점에 있어서 의의가 있다고 볼 수 있다. 특히 배출 계수를 정확하게 구했다는 점에서 지역별로 달라질 수 있는 특성을 명확하게 하여 예측값과 결과값의 차이를 줄일 수 있었다는 것이 가장 큰 의의라고 생각된다. 수업시간에 활용해본 SWMM에 내가 직접 연구 지역에 대한 배출계수를 입력하면 더 정확한 오염물질 배출농도를 알 수 있을 것으로 기대된다. 또한 이러한 결과를 바탕으로 제작한 침투도랑은 적정기술로서, 많은 돈을 들이지 않고 효과를 극대화할 수 있다는 점에서 의의가 있다. 우리나라에서 유사하게 활용되고 있는 자연형 비점오염저감시설에 대해 살펴보았다. 이는 집중호우에 의한 침수 및 불투수층의 증가로 인한 공동화 현상등의 문제를 해결하기 위해 저영향 개발기법의 일환으로 개발된 것이며 저류된 빗물을 땅속으로 침투시켜 비점오염원 처리 및 지하 공동화 현상을 방지하는 기능을 하고 있다고 한다. 특히 도시 침수에 대한 문제가 커지고 있는 상황만큼 이러한 시설을 증가시켜 예방하는 것도 필요하다고 생각된다. 이렇게 의미 있는 연구의 시작부터 마지막 결론까지 보는 것은 앞으로 어떻게 보고서나 논문을 작성할지에 관하여 많은 도움을 주는 경험이었다. 특히 시각적인 데이터를 어떻게 표현하는지에 따라 가독성이 크게 달라지며 지리정보에 관한 데이터를 어떻게 나타내면 좋을지 다양한 형태에 대해서 알 수 있었다.



Reference

- 김동홍 외 3명, 경제성을 고려한 지방상수도 목표 유수율 산정, 2023.
- 김정희 외 4명, 차를 이용한 수돗물 간접 음용시 수돗물 중 미네랄 함량 변화 연구(2015), 대한환경공학회지 p511-516.
- 남부수도사업소(급수운영과), 배수지 청소 및 위생관리 매뉴얼.
- 백광인, 서울시 상수도 정책.
- 이정현, 2021 수돗물 먹는 실태조사 결과보고서, 환경부, 2021.10.
- 조윤미, 수돗물 믿고 마시자, 서울워터 제9호(통권20호), 2018.07.
- 주관연구개발기관, IoT기반 상수관망 감시시스템, (주)유솔, 2021.06.14.
- 김미향, 우리는 왜 수돗물을 마시지 않게 되었나, 한겨레, 2019.07.13.
- 김은희, '스마트워터시티' 시범사업, 직접 음용률 19%로 향상...K-water, 파이낸셜뉴스, 2014.11.10.
- 박미영, 낙동강청,드론 활용한 낙동강 녹조 분포지도 제작.공개, 보안뉴스, 2022.01.13.
- 송고시간, '녹조 비상'수자원공사,녹조 제거 로봇 동원해 물관리, 연합뉴스, 2023.08.29.
- 이인균, 서울시, 깨끗한 수돗물 공급 위해 4월부터 전체 배수지 103개 청소 실시, 환경포커스, 2023.04.11.

