

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2024.24.5.97>
JIIBC 2024-5-14

오염도 우선순위 방제 알고리즘과 모니터링 시스템

Pollution priority control algorithm and monitoring system

이진석*, 김영곤**, 박정민**

Jin-Seok Lee*, Young-Gon Kim**, Jung-Min Park**

요약 코로나19 대유행 이후 실내 대기 오염이 사회적 이슈로 부상함에 따라, 대규모 시설에서의 오염 관리가 중요한 과제로 인식되고 있는 상황이다. 본 연구에서는 이를 위해 센서를 활용한 실시간 오염도 감지 및 다익스트라 알고리즘을 활용한 효율적인 방제 경로 설정이 핵심 기술로 제시하였다. 또한, 이상치 판단 알고리즘과 우선순위 알고리즘을 제시하여 데이터의 신뢰성을 높이고 효율적인 방제 작업을 가능케 하는 방안을 제시하였다. 이상치 판단 알고리즘은 환경 모니터링 시스템에서 센서 데이터를 기반으로 이상치를 식별하고 처리하는 과정을 나타내었다. 최근 10개의 센서 데이터를 평균화하고 Z-score를 계산하여 이상치를 탐지하며, 이상치로 판단되는 데이터를 제거하고 대체하는 과정을 상세히 제시하였다. 우선순위 알고리즘은 각 지역의 오염 정도를 고려하여 효율적인 방제 경로를 설정하는 과정을 제시하였고, 가장 심각한 오염 지역을 우선적으로 선정하고, 이를 출발점으로 삼아 방제 경로를 설정하는 방법을 제시하였다. 또한, 실시간으로 오염 정도를 감지하여 대응하는 반복적인 과정을 소개하며, 이를 통해 시스템이 지속적으로 최적화되고 환경 오염에 대응할 수 있도록 하였다. 이를 통해 이상치 판단 알고리즘과 우선순위 알고리즘을 통해 환경 모니터링 시스템의 신뢰성과 효율성을 높여, 오염 상황을 빠르게 파악하고 대응할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract As indoor air pollution has emerged as a social issue since the COVID-19 pandemic, pollution management in large-scale facilities has been recognized as an important task. For this purpose, this study proposes real-time pollution level detection using sensors and efficient control path setting using Dijkstra algorithm as key technologies. In addition, by introducing outlier determination algorithm and priority algorithm, we propose ways to increase the reliability of the data and enable efficient control work. The outlier determination algorithm describes the process of identifying and processing outliers based on sensor data in an environmental monitoring system. It describes in detail the process of averaging the recent 10 sensor data, calculating the Z-score to detect outliers, and removing and replacing the data determined to be outliers. The priority algorithm describes the process of establishing an efficient control path in consideration of the pollution level of each region. It suggests how to select the most polluted areas first and use them as a starting point to set the control path. In addition, it introduces an iterative process of detecting and responding to the pollution level in real time, which allows the system to be continuously optimized and to respond to environmental pollution. Through this, it is expected to increase the reliability and efficiency of the environmental monitoring system through outlier judgment algorithms and priority algorithms, thereby quickly identifying and responding to pollution situations.

Keyword : Pollution Management, Real-time Pollution Detection, Outlier Determination Algorithm, Monitoring System

*정회원, 한국공학대학교 컴퓨터공학과

**정회원, 한국공학대학교 컴퓨터공학과

접수일자 2024년 8월 8일, 수정완료 2024년 9월 8일

게재확정일자 2024년 10월 4일

Received: 8 August, 2024 / Revised: 8 September, 2024 /

Accepted: 4 October, 2024

*Corresponding Author: jmpart@tukorea.ac.kr

Tech University of Korea, Department of Computer Eng., Korea

I. 서 론

코로나 사태 이후, 실내 대기 오염은 인류가 직면한 심각한 문제 중 하나로 부각되었다. 특히 대규모 공간이나 시설에서의 오염 관리는 생명과 안전을 위협하는 중요한 과제로 여겨지고 있는 추세이다. 이러한 상황에서 실내 대기의 오염은 바이러스나 세균의 전파뿐만 아니라 다양한 유해 물질의 증가와 관련하여 공공 건강에 대한 우려를 더욱 증폭시킨다.

이러한 배경 속에서 오염된 지역을 효율적으로 방제하기 위한 알고리즘과 모니터링 시스템을 개발하였다. 본 연구는 혁신적인 접근 방식을 통해 오염 지역을 정확하게 식별하고, 즉각적으로 대응하여 신속하게 실내 오염을 방제하는 것에 중점을 두었다.

우선, 센서를 활용하여 실시간으로 오염도를 감지하고, 이를 통해 오염된 지역을 정확하게 파악하고 분석할 수 있다. 오염도가 파악된 자료를 기반으로 하여 다익스트라 알고리즘을 활용하여 각 지역의 오염도와 이동 거리를 고려하여 방제 경로를 계산하였다. 이를 통해 방제 작업의 효율성을 극대화하고 자원을 효율적으로 활용할 수 있다.

또한, 본 연구는 실시간 모니터링 시스템을 구현하여 오염도 상황을 지속적으로 파악하고 방제 되는 과정을 실시간으로 확인할 수 있었으므로, 이를 기반으로 적절한 가중치를 찾아 방제 작업을 효과적으로 할 수 있게 하였다.

코로나 사태 이후, 실내 대기 오염은 사회적 이슈로 더욱 주목받고 있는 추세에서 효율적인 대응을 위하여 오염된 지역을 정확하게 식별하고, 실시간으로 대응할 수 있는 모니터링 시스템을 구축함으로써, 방제 작업의 효율성을 높여 사용자들의 대기 오염에 대한 피해를 줄여줄 것이라고 예상이 된다.

II. 관련 연구

1. 최적 경로 알고리즘

무인기의 비행시간이 늘어나면서 단일 무인기를 활용한 다중 임무 수행에 대한 관심이 커지고 있다. 동적 변화 임무 환경에서 무인기가 자율적으로 다중 임무를 수행하기 위해서는 다중 임무점들의 방문 경로를 효율적으로 계획하는 경로 계획 알고리즘이 필요하였다. 다중 임무점 방문을 위한 경로 계획 알고리즘은 각 임무점들 간

의 경로를 계산하고 이때 산출된 임무점들 간의 경로 비용을 활용하여 시작점과 종료점이 다른 Travelling Salesman Problem(TSP)을 구성하며 이 문제의 해를 구하는 접근 방식을 취하였다. D^* (Dynamic A^*)기반 알고리즘은 동적 변화 임무 환경에서 경로의 최적성을 보장하면서도 낮은 복잡도를 갖는 경로 계획법이다. D^* 기반 알고리즘인 D^* Lite와 Focussed D^* 는 임무 환경이 동적으로 변화하였을 때 경로 계획의 복잡도를 줄이기 위해 임무 환경 변화 전의 경로 계획 정보를 활용하여 변화 후의 경로 계획을 수행하는 경로 재계획(replanning)이라는 접근 방법을 사용하여 알고리즘의 복잡도를 낮추었다. 그러나 이들은 한 점에서 다른 한 점으로의 경로를 계획하는 단일 경로 계획 알고리즘으로써 다수의 임무점이 존재하는 환경에 적용 시 임무점 구간마다 경로 계획 및 재계획을 수행해야 하기 때문에 연산량 즉, 복잡도와 메모리의 저장 공간이 임무점 수의 증가에 비례하여 증가하는 문제가 있어 다중 임무 경로 계획에 적용하기 어렵다.

따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 동적 임무 환경에서 다중 임무점 방문 경로 계획 시 경로의 최적성을 양보하지 않으면서도 기존 D^* 기반 단일 경로 계획 알고리즘을 단순 적용한 경우보다 경로 계획 복잡도를 크게 줄인 Multiple Mission D^* Lite(MMD*L) 알고리즘을 제안하였다. MMD*L은 D^* Lite를 기반으로 하며 다중 임무점 간의 경로 계획 시 이미 계획된 단일 경로 계획의 결과를 효율적으로 재사용하여 연산량과 실행 시간 및 필요한 메모리 저장 공간을 감소시킬 수 있다.

MMD*L은 다중 임무점 방문 경로 계획을 위해 여러 임무점간 경로 구간에 대해 단일 경로 계획을 수행할 때 다른 단일 경로 계획의 정보를 재사용하였다. 생성된 경로를 따라 이동하던 무인기가 기존에 식별되지 않은 장애물을 발견할 경우, 남은 임무점들과 임무종료점을 도착점 리스트로, 무인기의 현재 위치와 남은 임무점들을 출발점 리스트로 설정한다. 이후 사전 경로 계획의 순서와 동일하게 도착점 리스트에 남아 있는 Sgoal과 이에 대응되는 Sstart로 이루어진 구간 경로들에 대한 경로 재계획을 수행한다. 경로 재계획 시에는 기존 단일 구간 경로 D^* Lite와 마찬가지로 무인기의 이동에 따라 누적되는 k_m 을 이용하여 calkey(s)를 보정할 수 있다. 이 때, MMD*L은 구간의 Sstart가 무인기의 현재 위치인 경우 k_m 을 이용한 보정을 수행하고, Sstart가 남은 임무점인 구간에서는 k_m 을 0으로 두어 보정을 수행하지 않는다. 이는 Sstart가 남은 임무점인 구간은 무인기가 아직 진입

하지 않아 Sstart가 변경되지 않았기 때문이다. 이와 같이 MMD*L은 경로 재계획 시에도 더 많은 경로 계획 정보를 재사용하여 경로 재계획의 복잡도를 줄여 주고, MMD*L의 경로 재계획 과정은 그림 1과 같다^[1].

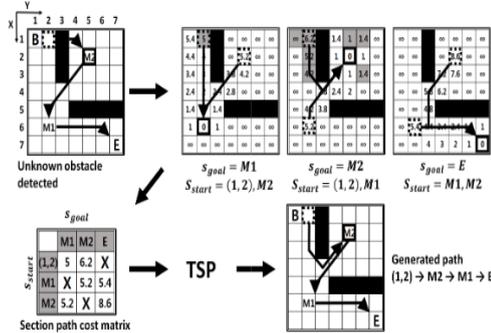


그림 1. MMD*L의 경로 재계획 과정
 Fig. 1. MMD*L's Route Replanning Process

2. 모니터링

사물인터넷 기술의 발전과 함께 블루투스, 와이파이, 지그비 등 다양한 무선 통신 기술이 개발되어 현장에서 무선 통신 모듈과 센서를 결합한 실시간 환경 모니터링 방안이 측정에 활용되고 있다. 블루투스는 전력소비가 적고 통신 거리가 짧으며 연결 가능한 노드 수가 작지만, 와이파이는 통신 범위가 넓고 데이터 전송 속도가 빠르지만 전력 소비량이 많고 설치에 어려움이 있다. 반면 지그비는 저전력으로 작동하며 다수의 기기와 연결이 가능하여 확장성이 좋다. 국토교통부의 건축물 생애관리 유형분류에 따르면 건물은 비주거건물 소규모, 중규모, 대규모 등으로 분류된다. 대형건물에서는 무선 센서 네트워크를 활용하여 건물 실내환경 요소를 모니터링하는 연구가 부족한 상황이다. 특히, 실시간 건물 실내환경 모니터링은 그린 리모델링이나 제로에너지 건축물의 평가에 중요한 자료로 활용될 수 있다. 대형건물에서 실시간 건물 실내환경 모니터링을 위해 아두이노와 지그비를 활용한 무선 센서 장치의 개발과 무선 센서 네트워크를 구축하는 방안을 연구하였다. 저전력 지그비 통신모듈과 저가의 아두이노를 사용하여 저비용으로 시제품을 개발하였고, 지그비 기반의 무선 메시 네트워크를 구축하여 무선 통신 성능과 실시간 건물 실내환경 모니터링의 가능성을 평가하였다. 이를 통해 대형건물 전체를 대상으로 실시간 측정과 제어가 가능한 무선 센서 메시 네트워크를 구축하는 방안을 제시하였다. 지그비 무선 네트워크 구조는 그림 2와 같다^[2].

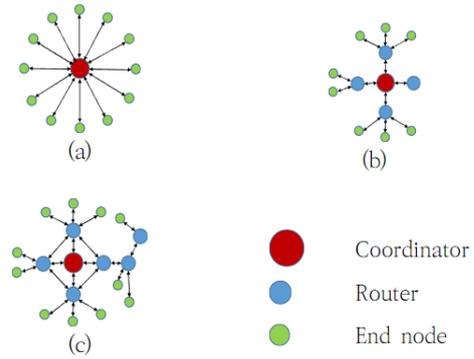


그림 2. 지그비 센서 네트워크 구조
 Fig. 2. Zigbee Sensor Network Structure

3. 우선순위

RCM기법에 대한 연구는 다양하게 진행되어 왔고 여러 RCM관련 평가 기술 중에서도 본 연구에서 사용하는 위험도 우선순위 평가는 설비모드 또는 고장모드에 따른 위험도를 가장 정량적으로 표현해 줄 수 있는 기법으로 알려져 왔다. RPN은 FMEA기법에서 잠재적 고장모드에 대하여 정량적으로 평가하여 설비별 우선순위를 결정하는 기법으로 시스템을 구성하고 있는 설비에 대하여 각각 Severity(S), Occurrence(O), Detection(D)을 평가하고, 이를 하나의 통합된 수치로 표현함으로써 설비간의 유지보수 우선순위에 관한 정보를 제공해 줄 수 있는 장점을 가지고 있다. 위험도 우선순위(RPN : Risk Priority Number) 평가에서 Severity는 설비 구조에 기반한 고장의 심각도 지수를 의미하고, Occurrence는 고장률과 관련한 고장 지수, Detection은 해당 고장의 검출 가능성 지수를 의미한다. 전통적인 RPN 계산 방법은 식과 같이 각각 산정된 S, O, D를 단순히 산술적으로 곱하는 것으로, 이러한 계산 방법은 종종 잘못된 결론을 도출하기도 한다.

$RPN = S * O * D$ 식에 의한 RPN 계산방법은 각 평가요소 S, O, D의 평가순위(각 평가별 1 ~ 10 점)의 곱으로 계산하며, 1부터 1000까지의 정수로 표현된다. RPN 평가 결과 척도는 연속적이지 않고, 간격이 일정하지 않는 서열 척도(ordinal scale)로 나타난다. 평가결과는 1부터 1000까지 범위를 가지지만 대부분의 수는 S, O, D의 곱으로 표현할 수 없으며, 1000까지의 수중에 120개정도의 조합만이 S, O, D의 곱으로 표현할 수 있다. 예를 들어 11의 배수인 11, 22, 33, ..., 990는 S, O, D의 어떠한 조합으로도 표현할 수 없다. 또한 S, O, D의 조합으로 만들 수 있는 가장 큰 수는 1000이고 다음은 900, 810, 800,

729, 720으로 연속적인 수를 가지지 않는다. 예를 들어 $4 \times 4 \times 4 = 64$ 이고 다음 수는 70이다. 그 사이의 수 65, 66, 67, 68, 69는 S, O, D의 어떤 조합으로도 만들어 낼 수 없다. 따라서 전통적인 위험도 우선순위 평가 방법이 갖는 평가 기준 및 결과에 대한 불확실성이 존재하는 단점을 보완하고자 본 연구에서는 위험도 우선순위 평가를 위한 S, O, D의 개선된 평가기준과 Fuzzy 전문가 추론시스템을 이용한 새로운 위험도 우선순위 평가기법인 Fuzzy-RPN 기법을 제안하였습니다. Fuzzy-RPN 평가 과정은 그림 3과 같다^[3].

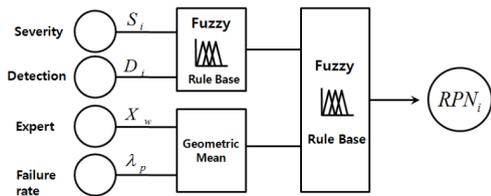


그림 3. Fuzzy-RPN 평가 과정
Fig. 3. System diagram

III. 본 문

1. 기능

UI에서는 관리자가 센서 배치 상태를 입력하면 사용자가 화면을 통해서 오염도 상황과 방제 장치 작동 여부를 판단하는 역할을 한다. 기능적으로는 센서 배치를 시각화하고, 오염도 등급에 따라 색상을 변화시켜 오염 정도를 직관적으로 파악할 수 있도록 설계하였다. 또한, 오염이 발생했을 시에 최적 경로를 표시하여 사용자에게 실시간으로 방제 되고 있는 것을 시각화 해준다.

서버에서는 다양한 기능을 수행하여 시스템의 핵심 역할을 담당한다. 기능적으로는 먼저 센서 데이터의 이상치를 감지하고 처리한다. 만약 이상치 데이터를 감지할 시에 정확한 수치를 위하여 센서 데이터가 최근 데이터를 바탕으로 평균값이 들어가게 된다. 그리고 센서 데이터를 오염도에 따라 분류하여 저장한다. 이를 통해 실시간으로 오염을 방제하고 이를 사용자에게 보여줄 수 있다. 그런 다음에 DB에 센서 위치 데이터를 저장하고 위치에 따라 센서를 분류한다. 이를 통해 위치에 따라 오염 여부를 판단하고 오염 위치에 따라 최적 경로 알고리즘(다익스트라 알고리즘)을 통하여 오염을 방제한다. 다익스트라 알고리즘은 센서 데이터를 기반으로 오염된 지역

을 식별하고, 각 지점 간의 최단 경로를 계산하여 환경 방제 작업에 활용된다. 다익스트라 알고리즘을 통해 오염도를 효율적으로 방제할 수 있도록 하였다.

DB에서는 시스템에서 사용되는 데이터를 저장하고 관리하는 역할을 한다. 센서에 따라 오염 데이터를 적절히 분류하여 DB에 저장한다. 이를 통해 데이터의 일관성과 정확성을 유지할 수 있다. 오염도 기준 데이터를 저장하여, 실시간으로 센서 데이터의 오염도 등급을 분류하는 데 활용된다. 센서 데이터의 보관 기간을 설정하여, 시스템의 성능을 최적화한다. 오래된 데이터는 자동으로 삭제되어 DB의 용량을 유지하고 시스템의 무결성을 보장한다.

2. 알고리즘

가. 이상치 판단 알고리즘

이상치 판단 알고리즘은 환경 모니터링 시스템에서 센서로부터 수집된 데이터 중에서 이상치를 감지하고 처리하는 과정이다. 본 알고리즘은 환경 데이터의 신뢰성을 높이고 정확한 분석을 가능하게 함으로써 시스템의 신뢰성과 효율성을 향상시킨다. 본 알고리즘의 핵심 기능 중 하나는 최근 10개의 센서 데이터를 기반으로 이상치를 판단하는 것이다. 먼저, 시스템은 데이터베이스에서 최근 10개의 센서 값에 대한 데이터를 조회하여 이를 평균화한다. 이후 새로운 센서 값이 수신되면, 해당 값과 평균값 간의 차이를 계산하여 Z-score를 구하고, Z-score가 3보다 큰 경우, 해당 값은 이상치로 간주되어 제거시킨다. 이상치가 제거된 후, 남은 데이터들의 평균값으로 이상치를 대체한다.

또한, Z-score가 3보다 큰 값을 감지할 때마다 이를 기록하고, 이 값이 연속으로 3번 이상 발생하는 경우, 이는 급격한 오염 증가를 의미할 수 있다. 이러한 경우, 시스템은 해당 데이터를 이상치가 아닌 심각한 오염으로 간주하고 저장한다. 이상치가 아닌 심각한 오염으로 분류된 데이터는 추가적인 분석이나 조치를 취하기 위해 관리자나 사용자에게 의해 확인될 수 있다.

이러한 방식으로 구성된 이상치 판단 알고리즘은 환경 모니터링 시스템에서 데이터의 신뢰성을 높이고 실제로 발생하는 문제에 대한 신속한 대응을 가능하게 하였다. 이를 통해 시스템은 환경 상태를 정확하게 파악하고 적절한 조치를 취함으로써 보다 안전하고 건전한 환경을 제공할 수 있다. 이상치 판단 알고리즘의 순서도는 그림 4와 같다.

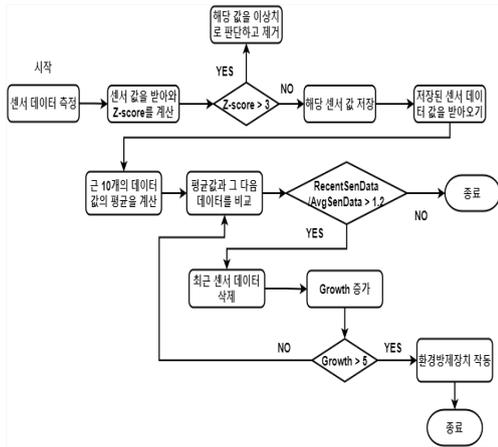


그림 4. 이상치 판단 알고리즘
 Fig. 4. Outlier Determination Algorithm

나. 우선순위 알고리즘

우선순위 알고리즘은 환경 모니터링 및 방제 시스템에서 효율적인 작업 수행을 위해 설계를 하였다. 먼저, 센서 데이터를 기반으로 각 지역의 오염 정도를 식별하고, 이 중에서도 가장 심각한 오염 지역을 우선적으로 선정하고, 선택된 지역을 출발점으로 삼아 오염 정도가 높은 순서대로 방제 경로를 설정한다. 이렇게 설정된 경로에 따라 방제 작업을 수행하는 동안, 지역의 오염 정도가 변경되거나 방제 작업의 효과가 나타날 경우 이를 즉시 감지하고 적절하게 대응한다. 또한, 모든 방제 작업이 완료 되면 다시 센서 데이터를 분석하여 새로운 방제 작업을 위한 준비를 하였다. 이러한 반복적인 과정을 통해 환경 모니터링 및 방제 시스템은 지속적으로 최적화되며, 환경 오염에 효과적으로 대응할 수 있다. 우선순위 알고리즘의 순서도는 그림 5와 같습니다.

3. 전체 구조도

시스템 구조도에서, 시스템은 AWS(Amazon Web Services)를 통해 서버를 호스팅하며, MySQL을 데이터베이스로 사용하였다. 사용자는 웹 애플리케이션을 통해 실시간으로 오염 분포도, 오염 심각도 및 환경방제 여부를 확인할 수 있다. 센서는 대기질 데이터를 수집하고, 이 데이터는 라즈베리파이를 통해 서버로 전송된다.

서버는 수신된 센서 데이터를 처리하고, 이를 데이터베이스에 저장하고, 오염도 등급, 분포도, 환경방제 최적 경로 등이 포함된다. 이러한 처리는 데이터의 정확성과 신속성을 보장하기 위해 신속하게 이루어져야 한다.

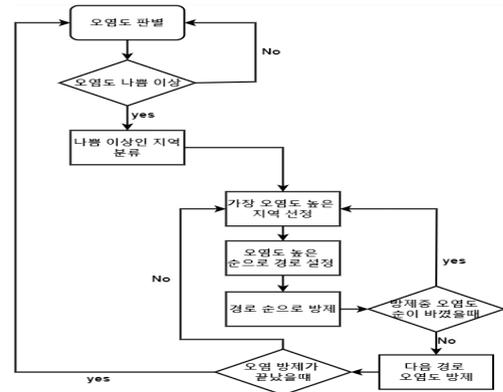


그림 5. 우선순위 알고리즘
 Fig. 5. Priority Algorithm

또한, 서버는 사용자 인터페이스(UI)를 통해 처리된 정보를 사용자에게 제공한다. 이는 사용자가 환경 상태를 시각적으로 확인하고, 필요한 조치를 취할 수 있도록 돕는 역할을 한다. 이러한 시나리오에서는 실시간 데이터 처리와 사용자 인터페이스 간의 원활한 통신이 필수적이며, AWS 및 MySQL과 같은 안정적이고 효율적인 서비스를 통해 이를 구현할 수 있으며, 전체 구조도는 그림 6과 같다.

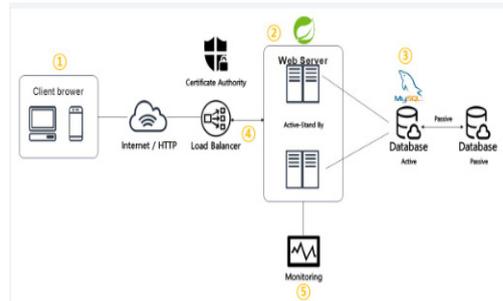


그림 6. 시스템 구조도
 Fig. 6. System Architecture Diagram

4. 메인화면 구현

로그인한 관리자는 초기 설정 및 시스템 관리를 위한 화면에 접근할 수 있으며, 화면은 시스템의 핵심 기능을 제어하고 모니터링할 수 있는 중요한 화면으로, 사용자가 직관적으로 이해하고 쉽게 조작할 수 있도록 구성하였다.

로그인 후, 사용자는 사전 설정 화면에 진입하게 되고, 이 화면은 다음과 같은 구성 요소를 포함한다. 관리자 정

보 표시 버튼은 화면 상단에는 현재 로그인한 관리자의 정보가 표시되고, 이는 보안 및 사용자 식별을 위한 중요한 요소이다. 왼쪽 영역에는 센서 배치도가 시각적으로 표시되고, 각 센서의 위치는 그래픽으로 표현되어 관리자가 쉽게 확인할 수 있으며, 이는 시스템의 현재 상태를 파악하는 데 도움이 된다. 오른쪽 영역에는 센서 배치를 관리하는 기능들이 위치하고, 이는 관리자가 필요한 경우 센서 배치를 재설정할 수 있도록 하였다. 센서 배치를 재설정하는 경우, 새로운 배치를 선택하거나 기존 배치를 수정할 수 있으며, 또한, 오른쪽 영역에는 오염도 기준치를 설정하는 기능이 포함된다. 관리자는 이를 통해 오염도 등급을 조정할 수 있으며, 시스템이 오염도에 따라 어떻게 대응해야 하는지를 정의하는 데 사용된다. 마지막으로, 화면에서는 센서 배치와 오염도 우선순위를 실시간으로 확인할 수 있는 기능이 제공되고, 이를 통해 관리자는 시스템의 현재 상태를 실시간으로 모니터링하고 필요한 조치를 취할 수 있다.

이러한 구성을 통해 관리자는 초기 설정을 수행하고 시스템을 효율적으로 관리할 수 있다. 시스템의 현재 상태를 시각적으로 파악하고 필요한 조치를 취하는 데 있어서 편의성과 효율성을 제공하고, 관리자 메인 화면은 그림 7과 같습니다.



그림 7. 관리자 메인 화면
Fig. 7. Administration Main Screen

관리자 메인 화면의 우선순위 버튼을 클릭하면 팝업창이 표시되고, 이 팝업창에는 NxN 크기의 표가 표시된다. 이 표는 방제해야 할 영역과 그 시작점을 나타내며, 방제 작업의 우선 순위를 결정하는 데 사용된다.

팝업창에는 경로 표시를 위한 화살표가 포함되고, 이 화살표들은 방제 작업의 순서를 시각적으로 나타낸다. 시작점부터 가장 먼저 방제할 지역으로 이동하는 경로가 표시되고, 이 경로는 방제 작업을 수행하는 데 필요한 최

적의 경로를 보여준다.

해당 우선순위 팝업창은 관리자가 방제 작업을 효율적으로 계획하고 관리할 수 있도록 도와줌으로써, 경로의 시각적인 표시와 수정 가능한 기능을 통해 방제 작업의 효율성을 향상시키고 오염 지역에 대한 신속한 대응이 가능해지고, 오염도 우선순위 화면은 그림 8과 같습니다.



그림 8. 오염도 우선 순위 화면
Fig. 8. Pollution Priority Screen

사용자 메인 화면은 환경 모니터링 및 방제 시스템을 사용하는 사용자들이 처음 접하는 화면으로, 다양한 기능과 정보를 제공하여 사용자가 환경 상태를 파악하고 관리할 수 있도록 하였다.

화면의 왼쪽에는 센서 배치에 따른 오염도가 표시되고, 이 부분은 사용자가 실제 환경의 오염 정도를 한눈에 파악할 수 있도록 도와준다. 오염도는 색깔과 숫자로 표시되는데, 좋은 상태에서부터 심각한 상태까지 색깔로 표시되며, 숫자는 해당 구역의 오염 정도를 나타낸다.

오염도가 심각한 부분은 화살표로 표시되어 있어 사용자가 바로 해당 구역으로 이동하여 방제 작업을 진행할 수 있으므로, 사용자가 빠르게 오염이 심각한 지역을 식별하고 대응할 수 있도록 도와준다. 아래쪽에는 정보가 최근에 갱신된 시간이 표시되고, 이를 통해 사용자는 정보가 최신 상태임을 확인할 수 있다.

화면의 왼쪽 위에는 오염도를 변경할 수 있는 기능이 제공되고, 사용자는 이를 통해 특정 오염도를 선택하여 해당 구역의 최근 최고 오염도 정보를 확인할 수 있다. 이 정보는 최근 7일 동안의 그래프로 표시되어 사용자에게 시간에 따른 오염도 변화를 시각적으로 제공한다.

이러한 사용자 메인 화면은 사용자가 환경 상태를 신속하게 파악하고 대응할 수 있도록 다양한 기능과 정보를 제공하여 사용자 경험을 향상시킬 수 있으며, 사용자 메인 테스트 화면은 그림 9와 같다.

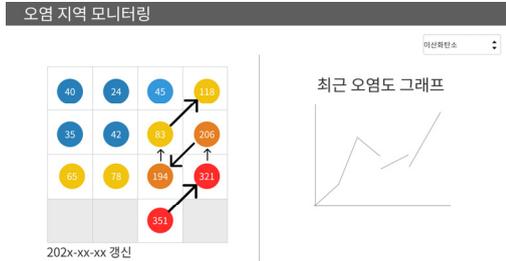


그림 9. 사용자 메인 화면
Fig. 9. User Main Screen

IV. 결 론

본 연구에서 방제 알고리즘은 일반적으로 높은 오염도를 우선적으로 처리하는 방식을 채택하였다. 그러나 이러한 전통적인 방법은 종종 효율적이지 못하며, 대기 오염의 심각도와 거리를 고려하지 않았다. 따라서 이러한 방법은 실제 환경에서는 효과적이지 않을 수 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 거리와 오염 심각도를 적절하게 고려하여 방제하는 알고리즘을 고안하였다. 센서 데이터를 사용하여 주변 지역의 오염도와 거리를 분석하고, 이를 기반으로 방제 우선 순위를 결정하는 방법을 탐구할 수 있다. 이를 통해 보다 효과적인 실내 대기질 관리가 가능할 것으로 기대된다.

거리와 오염 심각도를 고려한 방제 알고리즘의 적용은 오염 지역에 효과적으로 대응할 수 있는 더 효율적인 방법을 제시할 것으로 기대되고, 이를 통해 오염의 집중도에 따라 자원을 더 효율적으로 할당하고 대기 질을 개선할 수 있을 것이다.

실시간 모니터링 시스템은 사용자에게 실시간으로 대기 질 정보를 제공하고 즉각적으로 대기 오염을 방제하여 오염에 민감한 개인이나 환경에 민감한 지역 주민들이 안전할 수 있게 돕을 줄 수 있으며, 이는 건강한 생활 환경을 조성하고 대기 질 관리에 대한 인식을 높일 수 있는 기회를 제공할 것으로 기대가 된다.

References

- [1] Lee, H. Y. Chang, W. Y. and Jang, H. C. "Optimal Path Planning Algorithm for Visiting Multiple Mission Points in Dynamic Environments." J. Korean Soc. Aeronaut. Space Sci, Vol. 47, No. 5, pp. 379-387, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5139/JKSAS.2019.47.5.379>
- [2] Ihm, P. C and Cho, S. W. "Realtime Monitoring of Indoor Environment in Large-Scale Building using ZigBee Mesh Network." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 24, No. 9, pp. 31-39, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.9.31>
- [3] Lee, S. H. Oh, B. C and Kim, S. Y. "Decision of Maintenance Priority of Power System Using an Improved Risk Priority Number Methodology Based on Fuzzy Theory." The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 70, No. 2, pp. 94-101, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5370/KIEEP.2021.70.2.094>
- [4] Yssaad, B. a., Khiat, M. b., & Chaker, A. "Reliability centered maintenance optimization for power distribution systems." International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 55, February, pp. 108-115, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2013.08.025>
- [5] Fischer, K., Besnard, F., & Bertling, L. "Reliability-Centred Maintenance for Wind Turbines Based on Statistical Analysis and Practical Experience." IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. PP, No. 99, pp. 1-12, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1109/TEC.2011.2176129>
- [6] Bowles, J. B., & Pela'ez, C. E. "Fuzzy logic prioritization of failures in a system failure mode, effects and criticality analysis." Reliability Engineering and System Safety, Vol. 50, Issue 2, pp. 203-213, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0951-8320\(95\)00068-D](https://doi.org/10.1016/0951-8320(95)00068-D)
- [7] Mejri, E., et al. "Energy Efficient Order Picking Routing for a Pick Support Automated Guided Vehicle (Ps-AGV)." IET, Vol.10, pp. 394-397, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3212797>
- [8] Park, C. H., et al. "Autonomous Vehicle Driving Control Considering Tire Slip and Steering Actuator Performance." Journal of Drive and Control, Vol. 12, No. 3, pp. 36-43, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.7839/ksfc.2015.12.3.036>
- [9] Se-Chun Oh, Young-Gon Kim, "A Study on MQTT based on Priority Topic for IIoT.", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC) Vol. 19, No. 5, pp.63-71, Oct. 31, 2019. DOI: <http://doi.org/10.7236/JIIBC.2019.19.5.63>
- [10] Myung-Geun Lee, Min-Haeng Lee, Ji-Myung Kim, Ye-Bin Lee, Hyeong-Ju Han, Dae-Seok Rho, "A Study on The Risk Priority by Components in Wind Turbine Generator." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 25, No. 5 pp. 422-431.

2024

DOI: [Http://doi.org/10.5762/KAIS.2024.25.5.422](http://doi.org/10.5762/KAIS.2024.25.5.422)

- [11] Hyeongboo Baek, Jeamin Baek, "Response- Time Analysis for Contention-Free Fixed-Priority Scheduling Algorithm.", Journal of KIIT. Vol. 17, No. 9, pp. 31-40, Sep. 30, 2019.
DOI: dx.doi.org/10.14801/jkiit.2019.17.9.31

저 자 소 개

이 진 석(정회원)



- 2023년 : 한국공학대학교 대학원 석사 (공학석사)
- 2024년 : 한국공학대학교 대학원 박사 과정
- 2000년 ~ 2002년 : 김포대학교 졸업
- 2003년 ~ 현재 : 나 우 대표 근무중
- 2014년 ~ 현재 : (주)모아건축디자인 대표 근무중
- 2024년 ~ 현재 : 한국공학대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- 관심분야 : 정보시스템(Information Communication System), Pollution Management, Real-Time Pollution Detection

김 영 곤(정회원)



- 1983년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1985년 2월 : 연세대학교 본 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2000년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)
- 1985년 ~ 2007년 : KT 수석 연구원
- 2007년 ~ 현재 : 한국공학대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : 소프트웨어공학, 정보통신시스템, 객체 지향 분석 및 설계

박 정 민(정회원)



- 1985년 : 성균관대학교 대학원 (공학석사)
- 2000년 : 성균관대학교 대학원(공학박사)
- 1985년 ~ 2007년 : 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원
- 1997년 ~ 2000년 : 동양미래대학교 조교수
- 2007년 ~ 현재 : 한국공학대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : 소프트웨어공학, 자율컴퓨팅, 사이버-물리 시스템