

# 강수량 기반 지하 터널 진입 위험도 판단 시스템

최원빈, 임시훈, 장다빈, 김상대  
순천향대학교 의료IT공학과

dnjsqls5973@naver.com, dlatlgns000@sch.ac.kr, dabin011109@naver.com,  
sdkim.mie@sch.ac.kr

## Access Risk Evaluation System for Underground Tunnels Based on Precipitation Amount

Wonbin Choi, Sihoon Lim, Dabin Jang, Sangdae Kim

Dept. of Medical IT Engineering, Soonchunhyang University

### 요 약

수재해의 증가로 인한 지하차도 침수 사고가 빈번히 발생하고 있다. 지하차도 침수 사고를 예방하기 위한 여러 대책들이 있지만, 예방적 관점에서 볼 때 사람이 직접 모니터링 하는 방법 이외에는 적절한 예방책이 되지 못한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 강수량에 따른 지하차도 진입 여부 시스템을 제안한다. 강수량과 배수량의 차이를 통해 침수 위험도를 판단하여 진입 여부를 파악 후 운전자에게 정보를 전달해 사고를 예방할 수 있다.

### I. 서론

최근 급변하는 기후변화로 인해 국내에서 발생하는 홍수, 태풍, 집중호우 등 수재해 빈도가 증가하고 있다. 그 중 지하차도는 최근 7월 15일에 발생한 오송 지하차도 침수 사건[1]을 비롯하여 침수피해가 빈번하게 발생하는 지역이며, 재해 발생 시 일 반도로 대비 피해가 큰 지역이다.

지하차도 침수피해를 예방하는 방법은 사전에 진입을 방지하는 것이다. 기존 진입 차단 시설은 LED 전광판, 진입 차단봉 등 여러 방안이 존재하고, 지하차도의 수위를 측정하여 내부 수위에 따라 진입여부를 판단하고 차단봉을 조작하는 연구 또한 존재한다.[2] 하지만 강수량이 시간당 40mm 이상일 경우 비로 인한 가시거리 감소[3]로 특정 차단 시설의 정보 전달이 불분명해질 뿐만 아니라 내부 수위로 판단하기엔 지하차도 구조 특성상 수위가 급격히 불어나기 때문에 예방적 관점에서 어려움이 있다.

본 논문은 강수량 측정 센서를 활용하여 지하차도 진입을 사전에 방지하여 사고를 예방하고자 한다. 침수 발생 가능성 이상의 강수량이 측정되었을 때 LED 센서를 이용하여 사전에 진입을 통제한다. 이때 간단한 기호를 만들어 가시거리가 감소한 상황에서도 정확한 정보를 전달할 수 있도록 한다.

### II. 본론

본 장에서는 기존의 지하차도 내부 수위센서를 이용한 진입 차단 시스템 대신 강수량을 측정하여 지하차도에 물이 차기 전 침수 위험도 판단 후 지하차도 진입을 방지하는 시스템을 제안한다.

### 2-1. 시스템 구성 요소

본 시스템은 다음과 같은 구성 요소로 구성된다.

- Rainfall Sensor  
(Tipping Bucket Rainfall Sensor[SEN0575])
- 발광 다이오드 (LED)
- 블루투스 모듈 (HC-05, HC-06)

### 2-2. 시스템 동작 과정

본 절에서는 강수량에 따른 지하차도 진입 여부 시스템의 동작 과정에 대해 설명한다. 먼저 동작 과정은 그림 1과 같이 간략히 표현된다.

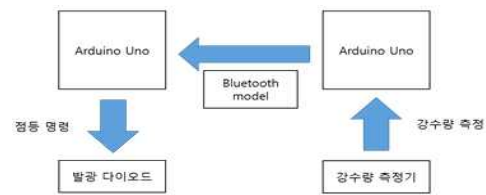


그림 1. 시스템 동작 과정

본 시스템은 강수량 측정, 측정된 강수량에 따른 발광 다이오드 제어로 나뉜다.

먼저 강수량 측정은 강수량 측정기를 통해 강수량을 측정한다. 이때 강수량은 1시간 단위로 측정된다. 다음으로 발광 다이오드 제어 부분은 측정된 강수량을 바탕으로 이루어진다. 발광 다이오드는 지하차도 진입 여부 표시를 나타낸다. 발광 다이오드는 각각 초록색, 노란색, 빨간색을 사용하였으며, 이때 각 다이오드 점등의 의미는 다음과 같다. 초록색은 진입 시 안전함, 노란색은 진입은 가능하지만 각별한 주의가 필요, 빨간색은 진입 불

가를 의미한다. 각각의 다이오드 점등의 조건은 다음과 같다. 지하차도의 배수량과 측정된 강수량의 차이를 계산하여 강수량을 배수량이 감당 가능한 정도면 초록색, 둘의 차이가 미미하고, 만약 상황이 악화되어 강수량이 증가할 시 지하차도에 물이 차오를 가능성이 있다면 노란색, 강수량이 배수량을 현저히 넘어가고 지하차도에 물이 차기 시작했다면 빨간색 다이오드를 점등한다. 이때 배수량은 시간당 30mm로 가정했다.

위의 조건 및 각 부분의 기능들을 운전자에게 지하차도 진입에 대한 정보를 시각화 하여 제공함으로써 진입 전에 운전자가 판단 후 안전한 운행이 가능할 수 있도록 하였다.

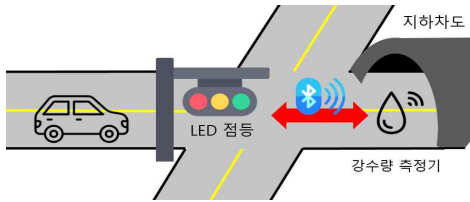


그림 2 시스템 적용 예시

그림 2는 시스템 예시를 보여준다. 지하차도 주변 지역의 강수량을 측정 후 해당 지하차도의 배수량과 강수량의 차이를 계산해 지하차도 진입 전 우회할 수 있는 도로 근방에서 시각적 정보를 전달하여 차량이 판단할 수 있도록 한다.

### 3. 성능평가

본 장에서는 제안 방안에 대한 성능평가 결과를 나타낸다.



그림 3. 초록 불 점등

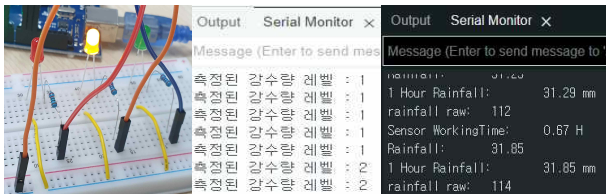


그림 4. 노란 불 점등

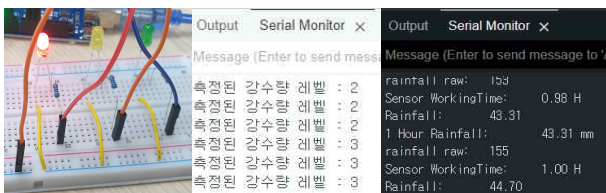


그림 5. 빨간 불 점등

그림 2, 3, 4는 제안 시스템을 구현한 실제 사진이다. 배수량의 ± 5mm를 여유 배수량으로 잡았다. 각각 그림 2는 시간당 강수량 25mm 이하, 그림 3은 시간당 강수량 25mm ~ 35mm, 그림 4는 시간당 강수량 35mm 이상인 경우를 나타낸다. 이때 시간당 강수량 25mm 이하는 안전 단계로 레벨 1, 25mm ~ 35mm는 주의 단계로 레벨 2, 35mm 이상은 위험 단계로 레벨

3으로 출력한다. 그림 2의 경우, 1분 간격으로 강수량을 측정하여 데이터를 전송한다. 강수량이 25mm를 넘지 않았기 때문에 시리얼 모니터에 안전 단계인 레벨 1을 출력하였고, 초록색 불이 점등된 것을 확인할 수 있다. 그림 3의 경우 마찬가지로 1분 간격으로 강수량을 측정하였고, 강수량이 31.29mm가 내린 것을 알 수 있다. 강수량 레벨이 안전 단계인 레벨 1에서 주의 단계인 레벨 2로 증가되었고, 그로 인해 주의가 필요하다는 노란 불이 점등된 것을 확인할 수 있다. 그림 4 역시 1분 간격으로 강수량을 측정하였을 때, 강수량이 43.31mm 가 내린 것을 알 수 있고, 그로인해 레벨도 주의 단계인 레벨 2에서 위험 단계인 레벨 3으로 증가되었으며, 빨간 불이 점등된 것을 확인할 수 있다.

### III. 결론

본 논문에서는 기후 변화로 발생하는 수재해의 증가로 인해 지하차도 침수 사고의 위험이 높아짐에 따라, 이러한 사고를 사전에 예방하고자 강수량에 따른 진입 여부 시스템을 제안한다.

제안 방안은 강수량 측정센서, 발광 다이오드, 블루투스 모델을 활용하여 강수량을 측정하고 발광 다이오드를 통해 운전자에게 진입 가능 여부를 시각적으로 표시하는 부분으로 나뉜다. 성능평가 결과에서 제안된 시스템이 시간당 강수량에 따라 신속하게 반응하여 발광 다이오드를 점등시켜 운전자에게 진입 여부에 대한 정보를 제공하는데 효과적임을 확인하였다. 향후 연구에서는 강수량 뿐만 아니라 지하차도 내부에 물이 차오르는 것을 즉각적으로 알 수 있도록 내부에 수위센서를 부착하여 물이 차오르는 순간 진입을 금지하며, 더 나아가서는 비콘을 활용하여 외부 LED 점등이 아닌 휴대전화 알림을 통해 차 내부에서 정보를 바로 습득하여 신속히 경로를 재탐색하는 방향도 고려해볼 수 있다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2021년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구 결과로 수행되었음 (2021-0-01399)

### 참고문헌

[1] 우철희, 오송 지하차도 수생 ‘한창’... 실종 11명·차량 15대 침수, YTN, 2023.07.16., [https://www.ytn.co.kr/\\_ln/0103\\_202307160306512268](https://www.ytn.co.kr/_ln/0103_202307160306512268)  
 [2] 정민기 외 3인, 지하차도 수위에 따른 진입 차량 스마트 차단기, 대한전기학회, 61-62p, 2022.07  
 [3] 기상청에서 예보하는 강수량은 비가 얼마나 오는 걸까?, YouTube, uploaded by 대한민국 기상청, 27 Agu.2012, <https://youtu.be/WnWCoLJKvCU>