

공동구 화재 시 대피자를 위한 피난위험 안내 서비스 구현

김지은*, 정우석*

Implement an Evacuation Risk Notification Service for Evacuees in the Event of a Fire in Underground Utility Tunnel

Ji-eun Kim*, Woo-sug Jung*

요 약

본 논문에서는 공동구 화재 발생 시 급속하게 확산하는 열과 연기에 대한 위험을 대피자에게 안내하기 위해 피난허용시간과 피난소요시간의 데이터를 계산한 후 위험여부를 직관적으로 파악할 수 있도록 시각화하여 보여주는 공동구 화재 피난위험 안내 서비스를 구현하였다.

Key Words : Underground Utility Tunnel Fire, Evacuation Risk, Available Safe Egress Time, Required Safety Egress Time

ABSTRACT

In this letter, we implemented evacuation risk notification service that informs evacuees about the risk of rapidly spreading heat and smoke in the event of a fire in underground utility tunnel.

I. 서 론

공동구(Underground Utility Tunnel)는 도시 생활

기능에 필요한 전기·가스·수도의 공급설비, 통신시설, 하수도시설 등의 인프라를 도시의 미관과 도로 구조의 보전, 원활한 교통을 고려하여 도시 지하에 공동 수용하는 시설이다¹⁾. 공동구 화재 사고는 실화, 방화, 전기불꽃, 전력케이블 과부하 등의 원인으로 발생할 수 있는데, 화재하중의 대부분을 차지하는 케이블의 경우, 외장 재료인 폴리에틸렌, 폴리염화비닐, 합성고무 등으로 인하여 고열, 농연, 유독성 가스가 발생한다²⁾. 공동구 화재는 공기 흐름 부족으로 불꽃이 보이지 않고 타들어가는 훈소상태로 연소가 진행되며, 초기부터 다량의 연기 및 유독가스가 발생하며, 좁은 터널에서 고온의 기류를 따라 급속하게 확산하면서 계단이나 환기구로 유입되므로 피난 및 소화활동에 장애요인이 된다³⁾.

기존 공동구에는 화재 감지설비, 소화설비, 방송설비 같은 방재시설들이 설치되어 있으나 대피자의 인명 위험에 대한 정보를 제공하는 설비는 구축되어 있지 않다. 본 논문에서는 공동구 화재 시 안전하고 빠른 대피가 가능하도록 피난 경로 및 피난 시간뿐만 아니라 피난 동선에서 고온과 가시거리 감소에 의한 위험에 노출되는지 파악할 수 있도록 돕는 피난위험 정보를 대피자에게 안내하는 서비스를 구현하는 것을 목표로 한다.

II. 공동구 화재 피난위험 안내 서비스

공동구는 지자체의 위탁받은 전문인력이 관리하며, 공동구 근무자는 스마트 운영시스템 등을 통한 감시업무 외에 연장 3,000m 이상의 공동구를 매일 순찰해야 하고, 노후화된 시설물 유지보수를 위해 투입된 작업자들이 안전하게 작업하는지 관리하는 업무 등을 수행한다. 만약 공동구 내부에서 화재가 발생한다면 근무자들과 작업자들의 인명피해 최소화를 최우선으로 하는 대피 활동이 이루어져야 한다.

본 논문에서는 공동구 화재 시 대피자의 합리적인 피난 의사결정을 지원하기 위해 그림 1과 같이 화재 발생이 감지되면 대피자의 피난 동선에 열과 연기의 유동에 따른 인명 위험이 있는지 없는지를 평가할 수 있는 정보를 서버에서 생성하면 대피자 단말을 통해 피난 위험 정보를 확인할 수 있는 서비스를 제안한다. 구체적으로는 화재가 발생한 지점에서 어떻게 화재가 확산될지

* 본 연구는 2023년도 정부(과학기술정보통신부, 행정안전부, 국토교통부, 산업통상자원부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행함(No. 2020-0-00061, 디지털트윈 기반의 지하공동구 화재·재난 지원 통합플랫폼 기술개발).

• First & Corresponding Author : (0000-0003-1496-6538) Electronics and Telecommunications Research Institute, kimje@etri.re.kr, Principal Researcher, 정회원

* (0000-0003-0632-9555) Electronics and Telecommunications Research Institute, wsjung@etri.re.kr, Principal Researcher, 정회원
 논문번호 : 202310-098-C-LU, Received October 11, 2023; Revised October 30, 2023; Accepted October 30, 2023

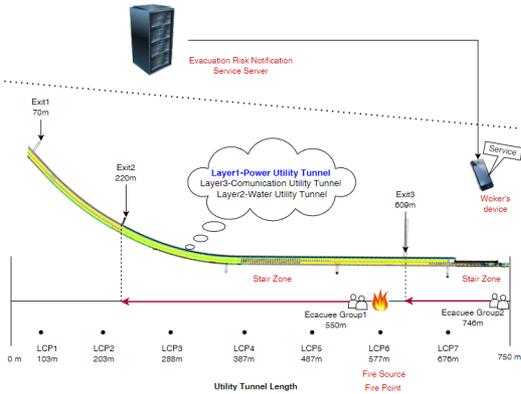


그림 1. 공동구 화재 피난위험 안내 서비스 시나리오
Fig. 1. Scenario of Evacuation Risk Notification Service for Underground Utility Tunnel Fire

화재 시뮬레이션 프로그램으로 예측한 결과와 대피자의 현재위치에서 가까운 피난 탈출구까지 피난시간을 예측 결과를 동시에 보여줌으로써 대피자가 미래의 위험을 검토한 다음 최종 피난 의사결정을 할 수 있도록 돕는 서비스이다.

III. 공동구 화재 피난위험 안내 서비스 구현

공동구 화재 피난위험 안내 서비스를 위한 시스템은 그림 1과 같이 피난위험 정보를 생성하기 위한 서버와 피난위험 정보를 수신하기 위한 대피자의 모바일 단말로 구성된다. 모바일 디바이스는 웹브라우저로 서버에 접속하여 정보를 수신하는 기능만 필요하기에 논문에서는 그림 2의 절차에 따라 피난위험 정보를 생성하는 서버 기능을 중심으로 설명한다.

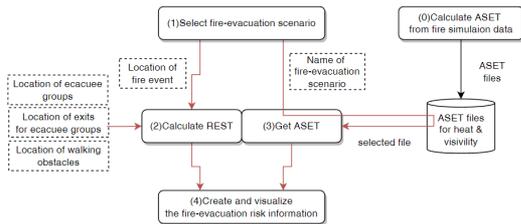


그림 2. 서버에서 피난위험 정보를 생성하는 절차
Fig. 2. Server-side process

3.1 가상 화재피난 시나리오 설정

본 논문에서는 공동구 현장에서 화재를 직접 발생시키기 어려운 점을 고려하여 가상의 화재피난 시나리오를 설정할 수 있도록 하였다. 예를 들어, 그림 2는 전력

구(전체 750m 길이) 6번 조명제어반(580m 지점)에서 화재가 발생하였을 때 2개의 그룹(550m 지점, 746m 지점)이 대피해야 하는 상황을 가정하고, 그룹1은 화재와 반대 방향으로 가장 가까운 환기구(220m 지점)로 대피하고, 그룹2는 화재 방향이지만 가장 가까운 출입구(609m 지점)로 대피하는 화재피난 시나리오를 보여준다. 이 단계에서 원하는 가상 화재피난 시나리오를 선택하고 실행하면 화재 위치와 시나리오명을 다음 단계 처리 모듈에 자동 전송한다.

3.2 화재 시뮬레이션 데이터로부터 열 및 가시거리에 대한 피난허용시간 계산 및 저장

피난허용시간(ASET: Available Safe Egress Time)은 화재로 인하여 인체에 위험이 과급되기까지의 시간을 의미한다. 본 연구진은 화재 시뮬레이션 프로그램(FDS: Fire Dynamic Simulator)으로 다양한 수용시설(케이블, 조명, 각종 제어반, 배기팬 등)에 화재를 발생시키고 고온과 연기가 어떻게 유통하는지 데이터를 축적하였다. 그 결과 공동구 중 화재 발생 가능성이 가장 높은 수용시설은 전력시설을 단독으로 수용하는 전력구이고, 특히 조명제어반(LCP: Light Control Panel)에서 화재가 발생한 후 주변의 전력케이블과 관리케이블로 화재가 전이될 때 대량의 연기와 열이 발생한다는 것을 파악할 수 있었다. 본 논문에서는 상기 화재 시뮬레이션 결과인 온도와 가시거리 데이터에서 인명안전 기준(열 60℃ 이상, 가시거리 5m 이하 등)³⁾에 도달하는 한계시간을 미리 계산하여 csv파일로 저장하였다. 이전 단계에서 화재피난 시나리오를 선택하면 시나리오명에 해당하는 csv파일을 읽어온다.

3.3 화재 위치, 대피자 그룹 위치, 탈출구 위치를 고려한 피난소요시간 계산

피난소요시간(REST: Required Safety Egress Time)은 화재 발생 후 재실자가 화재를 인지하고 안전한 장소로 피난을 완료하기까지 걸리는 시간이다. 본 논문에서는 감지시간, 통보시간, 반응시간, 이동시간의 합⁴⁾으로 피난소요시간을 계산한다. 감지시간은 화재 발화 후 감지되기까지의 소요시간이다. 선택된 화재 시뮬레이션 데이터에서 발화시설물 주변 10m거리에서 연기 발생에 의한 가시거리가 20m~30m로 감소하거나, 온도가 75℃ 까지 상승한 시간을 감지시간으로 설정하였다. 통보시간은 화재가 감지되고 근무자 모바일 디바이스에 통보되기까지의 소요시간이다. 반응시간은 화재발생 통보를 받은 대피자가 어디로 어떻게 대피할지 피난의 사결정을 하고 피난을 개시하기까지의 소요시간이다.

본 논문에서는 ‘영상감시시설을 갖춘 방재실로부터 현 장중계 및 방향지령을 받는 경우’에 피난지연시간을 60 초 이내¹³⁾로 한다는 기준을 적용하였다. 이동시간은 피 난개시부터 피난완료까지 이동하는데 걸리는 소요시간 이다. 본 논문에서는 피난개시 위치에서 피난 탈출구 위치까지의 거리를 평균보행속도¹⁴⁾로 나누어 이동시간 을 산출하였고, 공동구의 평균보행속도는 폭이 좁은 보 행통로를 따라 한 사람씩 줄지어 이동하는 상황과 보행 통로에 수직계단, 각종 제어반, 케이블, 영상감시장치 같은 피난방해물 수를 계산에 반영하였다.

3.4 피난허용시간과 피난소요시간을 통합한 피난 위험 정보 생성 및 데이터 시각화

마지막으로, 이전 단계를 통해 획득한 피난허용시간 과 피난소요시간을 하나의 피난위험 데이터로 통합한 csv데이터(그림 3)를 가시화하는 html파일을 생성하였 다. 예를 들어, 그림 2의 화재피난 시나리오에 대한 피 난위험 가시화 html파일을 모바일 웹브라우저에서 볼 러오면 그림 4와 같다.

그림4 피난위험 그래프의 x축은 전력구 거리를 y축 은 화재 시뮬레이션 시간을 나타낸다. data는 대피그룹1 과 대피그룹2의 피난소요시간 및 열(>60℃)과 가지거 리(<5m)의 피난허용시간의 선형 그래프이다. 피난위험

Tunnel Length(m)	Group1 ASET(sec)	Group2 ASET(sec)	Heat(>60°C) REST(sec)	Visibility(<5m) REST(sec)
603		1522		262
604			1578	284
605			1605	296
606			1627	308
607			1640	319
608			1646	333
609		245	1657	345 Group2's EXIT
610		244	1657	356
611		242	1666	368
612		241	1948	378
613		240	1977	389
614		238	1989	398
615		237	1998	406

그림 3. LCP6 화재에 대한 피난위험 데이터 파일
Fig. 3. File of evacuation risk for LCP6 Fire

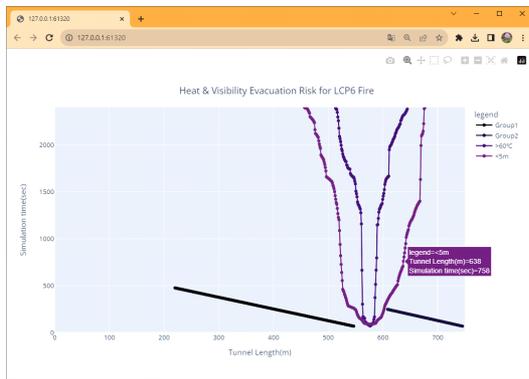


그림 4. LCP6 화재에 대한 피난위험 데이터 가시화
Fig. 4. Visualization of evacuation risk for LCP6 Fire

그래프를 통해 대피그룹별로 안전한 피난 탈출구, 피난 소요시간, 피난동선상에서 고온과 가지거리 감소 위험 에 언제, 어디에서, 어느 정도 노출되는지를 파악할 수 있다. 대피그룹1은 고온과 가지거리 감소에 의한 위험 에 노출되지 않고 피난을 완료할 것을 예측할 수 있으 나, 대피그룹2는 피난 탈출구에 가까이 갈수록 연기에 의한 가지거리 감소로 피난활동에 어려움이 있을 것으 로 예측(탈출구 609m위치에 100초 지연 도달 시 가지 거리 <5m 위험에 노출됨)할 수 있다. 대피그룹2는 피난 위험을 확인한 즉시 피난을 개시하고 예측한 속도로 이 동한다면 안전한 피난활동이 가능할 것이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 공동구 화재피난 시나리오에 따라 긴 급피난이 필요한 대피자들에게 고온과 가지거리 감소 에 의한 피난위험을 데이터 시각화하여 안내하는 서비 스를 구현하였다. 기존에는 피난시뮬레이션과 같은 상 용 프로그램이 있어야 피난위험을 확인할 수 있었다. 본 서비스는 모바일에서 웹기반으로 대피자가 피난위 험을 미리 확인한 후 이를 회피하는 피난의사결정을 할 수 있어 보다 신속하고 안전한 대피가 가능할 것으로 기대된다.

References

- [1] *Law of National Land Planning And Utilization Act*, Retrieved Oct. 06, 2023, from <https://www.law.go.kr/법령/국토의계획및이용에관한법률>.
- [2] J.-I. Lee, “A study on the fire prevention activities and suppression measures of utility-pipe conduit,” *J. The Soc. Disaster Inf.*, vol. 10, no. 4, pp. 63-68, 2010.
- [3] *Law of Public Notice Of Performance Based Design Methods and Standards of Firefighting Systems*, Retrieved Oct. 06, 2023, from [https://www.law.go.kr/행정규칙/소방시설등의성능위주설계방법및기준/\(2013-10,20130426\)](https://www.law.go.kr/행정규칙/소방시설등의성능위주설계방법및기준/(2013-10,20130426)).
- [4] *Law of Guideline for Installation and Management of Facilities for City Roads Prevention*, Retrieved Oct. 06, 2023, from [https://www.law.go.kr/행정규칙/도로터널방재환기시설설치및관리지침/\(368,20230824\)](https://www.law.go.kr/행정규칙/도로터널방재환기시설설치및관리지침/(368,20230824)).