


## 기술수요조사서 (과제제안)

연구개발 과제명	철도 차량간 연기확산 방지시스템 개발
-------------	----------------------

□ 제안담당자

성 명	정 태 오	기관명	서울교통공사
소속(부서)	서울교통공사 차량운영처	직위(직급)	부장
연락처	Tel : 02-6311-9655 email: stonman@seoulmetro.co.kr	연구책임자	
		참여기업	

□ 제안과제

구 분	내 용
1. 연구개발 필요성	<p>○ '25년 5월, 서울지하철 5호선 여의나루와 마포 사이를 운행하던 열차 내부에서 방화로 인해 연기가 차량 내로 급속히 전파되어 약 400명의 승객이 긴급히 대피하고, 여러 승객이 연기 흡입으로 병원 치료를 받는 등 큰 사회적 관심을 불러일으킨 큰 사고가 발생</p>  <p>&lt;검찰이 공개한 지하철 5호선 방화&gt;</p>

구 분	내 용
	<p>○ 이에 따라 서울교통공사와 서울시 소방재난본부는 동일한 조건의 실제 차량을 활용한 전면 화재 재현시험과 함께, 유동 기반 화재역학 시뮬레이션 및 대피 시뮬레이션을 실시함. 이 종합적인 분석을 통해, <b>화재 발생 시 연기가 인접 객차로 확산되는 과정이 승객 안전을 가장 크게 위협하는 요소</b>라는 결론을 도출함.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재현 시험 및 시뮬레이션 결과, 발화 객실에서 발생한 연기는 매우 빠르게 인접 객실로 확산됨.</li> <li>- 재현 실험에서는 발화 후 26초경에 이미 옆 객실 마네킹의 허리까지 연기가 도달함.</li> <li>- 인접 객실(2호, 4호 객실)에서 연기 유입과 동시에 가시거리가 급격하게 저하됨.</li> <li>- 4호실의 경우 약 11초 만에 가시거리가 30m에서 0.5m로 급감, 2호 객실 우측 상단부 역시 11초경 30m에서 0.3m로 급격히 떨어짐.</li> </ul> <div data-bbox="347 719 1366 1061"> <div>3초</div> <div>10초</div> <div>38초</div> </div> <p style="text-align: center;">&lt;재현시험과 화재모델링 비교&gt;</p> <p>○ 위 시험은 연결부 폭 80cm 차량(협폭형)을 대상 수행하였음. 그러나 최근 도시철도 신형 차량은 광폭 연결부(1.2~1.6m)를 채택하고 있음. 개방 면적이 2배 이상 확대되면,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 연기 유동량·질량유량 증가, 연기 전파 속도 가속 → 인접 차량 위험성 증가함.</li> <li>→ 광폭 연결구조에서는 보다 짧은 시간 내 전체 편성 위험해 질 수 있음.</li> </ul> <p>○ 이러한 시험 및 시뮬레이션 결과는 열차 내 화재발생 시 <b>연기의 인접 객차 확산을 최대한 차단</b>하는 것이 차량에 승객 안전 확보의 핵심 요소임을 보여주며, 이를 위한 관련 기술·장치의 개선과 신규 시스템 개발이 시급함.</p> <p>○ 연기차단 성능 미흡으로 인한 터널 내 비상정차의 이차 위험성 해소가 필요함.</p>
<p style="text-align: center;"><b>2. 시장동향 및 기대효과</b></p>	<p><b>2.1 시장동향</b></p> <p>○ 국내·외 시장 동향 (Market Trends)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도시철도 차량의 광폭 연결구조(Wide Gangway) 도입 확대 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 서울교통공사, 부산교통공사, 대구교통공사, 광주교통공사 등 주요 도시철도 운영기관들이 신형 차량 도입 시 광폭 연결구조를 기본 사양으로 채택하는 추세임.</li> <li>· 광폭 연결부는 편의성·수송력 증대 측면의 장점으로 인해 향후 10년 이상 신규/교체 차량의 표준 규격으로 확산될 전망이다.</li> </ul> </li> </ul>

구 분	내 용												
	<p>· 그러나 광폭 구조는 연기·열 유동성이 증가하므로, 연기확산 제어 기술(방지장치)에 대한 필수적 수요가 동시에 증가될 것으로 예상됨.</p> <p>○ 글로벌 철도 안전 시장의 확대</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유럽, 중국, 일본 등도 도시철도 고밀도화 및 지하구간 확대에 따라 “연기 제어 중심의 안전설비”를 강화하고 있으며, 특히 스모크 커튼, 에어제트 방식 기술이 건축·터널 산업을 중심으로 성장 중임.</li> <li>- 아직 철도차량 전용 연기전파 방지 솔루션은 글로벌 시장에도 전무해 본 연구의 기술은 해외 도시철도 시장에도 확장 가능성이 큼.</li> </ul> <p>○ 도시철도 신조 차량 시장 성장</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내의 경우 2030년까지 서울·부산·대구·경기권 광역철도 등 총 3,000량 이상 신규/교체 차량 수요가 존재함.</li> <li>- 광폭 연결부 차량이 표준이 되는 현재 흐름을 고려하면, 연기전파 방지장치는 차량 1편성당 2~8개 수준으로 설치될 수 있어 매우 큰 시장규모의 형성이 가능함.</li> </ul> <p>○ 사업화 전망</p> <table border="1" data-bbox="312 994 1407 1279"> <thead> <tr> <th>구분</th><th>전망</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>국내 도시철도</td><td>광폭 연결부 100% 적용 추세 → 연기차단장치 확산 필수</td></tr> <tr> <td>해외 시장</td><td>대도시권(동남아·중동·중국) 신규 지하철 대량 발주 → 해외 수출 가능</td></tr> <tr> <td>정책 수요</td><td>향후 국토부 화재안전기준 개정 시 의무화 가능 분야</td></tr> <tr> <td>산업 생태계</td><td>중소기업 중심 부품·장치 시장 형성, 유지관리 시장 확대</td></tr> <tr> <td>지속 성장성</td><td>차량 수명(20~30년) 동안 교체·개량 수요 지속</td></tr> </tbody> </table> <p><b>2.2 기대효과</b></p> <p>○ 인명 안전 향상 (Primary Safety Benefits)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연기 유입시간 지연 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 실화재 시험(26초 내 인접 차량 연기 적층)을 기준으로, 광폭 환경에서 필수적인 추가 대피시간 확보 가능</li> </ul> </li> <li>- 승객 가시거리 개선 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 0.3~0.5m로 급감하던 가시거리 구간을 최소 1m 이상 확보할 수 있어 패닉·충돌·넘어짐 등 2차 사고 감소</li> </ul> </li> <li>- CO 및 유독가스 노출 감소</li> <li>- 대피 성공률 향상 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 혼잡 시 다수 승객이 연기 층만 차량에 수습 초 머무는 문제 완화</li> <li>· 특히 가족·노약자·관광객 등 대피 취약자 보호 효과 증가</li> </ul> </li> </ul> <p>○ 운영기관 측 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 화재 초기 10~30초 구간의 위험도 대폭 감소 → 운행중지 피해 감소</li> <li>- 도시철도 안전지표(SLO, Safety Level Objective) 향상</li> </ul>	구분	전망	국내 도시철도	광폭 연결부 100% 적용 추세 → 연기차단장치 확산 필수	해외 시장	대도시권(동남아·중동·중국) 신규 지하철 대량 발주 → 해외 수출 가능	정책 수요	향후 국토부 화재안전기준 개정 시 의무화 가능 분야	산업 생태계	중소기업 중심 부품·장치 시장 형성, 유지관리 시장 확대	지속 성장성	차량 수명(20~30년) 동안 교체·개량 수요 지속
구분	전망												
국내 도시철도	광폭 연결부 100% 적용 추세 → 연기차단장치 확산 필수												
해외 시장	대도시권(동남아·중동·중국) 신규 지하철 대량 발주 → 해외 수출 가능												
정책 수요	향후 국토부 화재안전기준 개정 시 의무화 가능 분야												
산업 생태계	중소기업 중심 부품·장치 시장 형성, 유지관리 시장 확대												
지속 성장성	차량 수명(20~30년) 동안 교체·개량 수요 지속												

구 분	내 용
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 재난대응 표준매뉴얼 재정비에 필요한 기술적 근거 확보</li> <li>- 장치 도입 시 보험료·안전등급 등급 제고 효과 가능</li> <li>- 운영기관의 민원·언론 위험(리스크) 감소</li> </ul> <p>○ 기술 및 산업적 효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 최초의 철도차량 전용 연기확산 방지 기술 시장 창출</li> <li>- 장치 제조·정비 관련 신규 산업 생태계 형성</li> <li>- 국내 중소기업의             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 철도 안전장치 분야 진출</li> <li>· 수출 모델 확보</li> <li>· 글로벌 도시철도 시장 진입 가능성 확대</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>3.</b> <b>요구기능</b> <b>및 성능</b></p>	<p>○ 기능 요구사항</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 방화 등 대형규모 화재 3초 이내 감지(추가 감지기 설치 시)</li> <li>- 장치전개시간: 화재감지센서 감지 후 1초 이내 전개 시작</li> <li>- 차량 내 제연시스템 1초 이내 작동신호 송출 (서울교통공사 실화재 시험 기반 도출 근거)</li> </ul> <p>○ 성능 요구사항</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 화재발생 인접차량 연기전파 속도 정량적인 감소</li> <li>- 승객안전 피난시간 감소</li> </ul> <p>(위의 성능은 개발될 “철도차량 내 화재연기 제어시스템 성능평가방법 매뉴얼”에 따라 목표 선정)</p>
<p><b>4.</b> <b>연구개발</b> <b>목표</b></p>	<p>○ 최종목표: 철도차량 내 화재발생 시 연기전파 방지 시스템 개발</p> <p>① 1차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 철도차량 화재·연기 확산 특성 규명             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 제연송풍기 작동에 따른 화재 연기 확산 검토</li> <li>· 서울지하철공사 시험결과기반 표준 시나리오 재현</li> <li>· 광폭 연결구조를 반영한 화재/승객피난 대피 시뮬레이션 연동</li> </ul> </li> <li>- 연기확산 방지장치 개념 설계 및 시제품 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 가압형 연기차단 스크린 시스템</li> <li>· 전방향 에어제트 연기차단 시스템</li> <li>· 하이브리드 방식 기존 및 시스템 개량</li> </ul> </li> <li>- 철도차량 기술기준(안) 제시(차량간 연기확산 방지 성능 평가 기준 개발)             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 연기전파 방지 성능평가 매뉴얼 작성</li> </ul> </li> </ul>

구 분	내 용
	<p>② 2차년도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시제품 제작 및 실증 실험 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 축소모형 실험</li> <li>· 실차 또는 준규모(특동) 테스트</li> </ul> </li> <li>- 철도전파 방지 성능평가 매뉴얼에 따른 시제품의 연기성능평가 수행 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 연기유입 지연시간</li> <li>· 인접 차량 연기농도 감소율</li> <li>· CO, CO2 등 화재가스 농도 변화</li> <li>· 승객시야(가시거리) 확보</li> <li>· 장치의 신뢰성 등</li> </ul> </li> <li>- 공인기관 시험성적서 발행</li> </ul>
<p>5. 예상성과 /최종결과물 및 활용계획</p>	<p><b>5.1 예상성과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ FDS·대피 시뮬레이션 기반 철도차량 연기확산 특성 데이터베이스 구축</li> <li>○ 연기전파 방지 성능평가 매뉴얼(초안 → 최종안) 개발</li> <li>○ 연기전파 방지장치 개념설계 및 시제품(TRL6) 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가압식 연기차단 스크린 시스템(Pressurized Blocking Screen)</li> <li>- 전방위(Omni-directional) 에어젯 차단 시스템</li> <li>- 하이브리드형 차단시스템(에어젯 + 기계식 커튼 등)</li> </ul> </li> <li>○ 실험 기반 성능검증 체계 구축 및 공식 시험보고서 발급</li> <li>○ 기술표준(안) 및 운영기관 적용 가이드라인(설치·유지보수 매뉴얼)</li> <li>○ 기술사업화 전략 및 특허 출원 3~4건</li> </ul> <p><b>5.2 활용계획</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 서울교통공사, 부산·대구·광주 교통공사 등 신조 차량에 즉시 적용</li> <li>○ 기존 차량(광복 개조) 대상 개조 시 적용 가능</li> <li>○ 화재대응 매뉴얼 및 관제 프로토콜 개선에 직접 반영</li> <li>○ 국토교통부 철도차량 기술기준(화재안전) 개정 시 <ul style="list-style-type: none"> <li>- “연기유입 지연시간”, “가시거리·농도 기준”, “차단장치 성능지표”, 신규 규격화 가능</li> </ul> </li> <li>○ 도시철도 신규 조달 기준에 연기전파 방지장치 반영 → 시장 선점</li> <li>○ 국내 중소기업 주도의 철도 안전장치 산업 생태계 형성</li> <li>○ 해외 도시철도(신규 노선) 대상 패키지형 안전솔루션 수출 가능</li> </ul>

구 분	내 용
6. 수요기관 협력·지원 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실화재 기반 표준 시나리오 제공 및 기술요구 명세 제시</li> <li>○ 차량·설비·운영환경 데이터 제공</li> <li>○ 실증시험 환경 및 시설 제공</li> <li>○ 실증 결과 검증 및 기술적 피드백</li> <li>○ 성능 충족 시 도입·활용 검토</li> </ul>
7. 개발기간 및 소요예산	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 총 연구기간: 2년</li> <li>○ 총 예상 소요예산: 3억 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도: 1.5억 2차년도: 1.5억</li> </ul> </li> </ul>

한국철도기술연구원장 귀하