

독일 DSD, 다중 에이전트 강화학습으로 철도 운행 계획·실시간 관제 스케줄을 30초 내 재산출 추진

해당국가	독일	기관(기업)	DSD	동향분야	기술	국토교통 기술분류	철도교통
------	----	--------	-----	------	----	-----------	------

- ◎ 독일 디지털 철도 이니셔티브(Digitale Schiene Deutschland, DSD)의 수송용량·교통관리 시스템 (Capacity & Traffic Management System, CTMS)은 다중 에이전트 강화학습(Multi-Agent Reinforcement Learning, MARL)으로 열차별 의사결정을 병렬 수행해 계획 단계와 실시간 관제 단계 모두에서 상세 스케줄을 자동 생성하는 연구 성과를 공개

 - 열차 운행계획과 실시간 배치(디스패칭)를 하나의 지능형 교통관리 체계에서 빠르게 생성·재계산하려는 흐름이 강화되며, 독일은 다중 에이전트 강화학습(MARL) 기반 접근을 실증 수준으로 구체화
 - 기존 최적화 방식은 교통 밀도 증가 시 계산시간이 급격히 늘어 실시간 적용에 한계가 있다는 문제의식 하에, MARL 기반으로 “빠르고 정밀한” 스케줄 생성 역량을 목표로 제시
- 1. 열차별 병렬 의사결정으로 스케줄을 ‘구성형’으로 생성
 - 다중 에이전트 강화학습(MARL)은 각 열차가 매 시점(speed 조정, 다음 목표 지점 설정 등)에서 개별 결정을 내리되, 네트워크 내 다른 열차의 제약과 필요를 함께 고려하도록 학습하는 구조로 설명
 - 네트워크 토폴로지, 차량 특성, 안전시스템 제약까지 포함한 미시 시뮬레이션 환경에서 열차를 “직접 조향”하는 방식으로 스케줄을 구성해 나간다고 제시
 - 열차 1대의 결정이 다른 열차의 제약·필요와 조화되도록 설계되어, 가용한 자유도를 활용하면서도 충돌 없는 상세 스케줄을 빠르게 생성하는 방향을 강조
- 2. 실제 독일 철도 구간(마그데부르크 중심)에서 계획·관제 시나리오를 평가
 - 단일 혼잡역 조정 시나리오에서 다수 열차의 진입·진출·정차를 조율하는 과제에 대해 성공률 100%를 보고
 - 혼합교통 조건의 네트워크 규모 시나리오(시나리오당 최대 41편성)에서도, 예기치 못한 교란으로 우회가 발생하는 상황을 포함해 성공률 94%를 제시
- 3. 실시간 적용을 겨냥한 계산시간 목표를 수치로 제시
 - 다양한 시나리오에서 상세 스케줄 생성 계산시간이 일관되게 30초 미만이라고 언급
 - 열차 수 증가에 따른 계산시간 증가가 선형에 가깝다고 설명하며, 일부 규모(예: 35편성)에서는 고전적 방식이 1시간 이상 소요될 수 있다는 비교를 제시

※ 출처 : Digitale Schiene Deutschland(2025.03), Towards a Holistic Traffic Management System with Multi-Agent AI