

# 실시간 운행 스케줄을 준수하는 에너지 저감 열차자동운전 프로파일 알고리즘 시뮬레이션 결과 고찰

## A Study on the simulation results of energy-saving ATO profile algorithm that complies with the real-time operation schedule

강성원\*, 이재원\*<sup>†</sup>, 김경식\*, 성동일\*\*

Seong Won Kang\*, Jae Won Lee\*<sup>†</sup>, Kyoung Shik Kim\*, Dong Il Sung\*\*

**초 록** ETCS(유럽형 열차제어시스템; European Train Control System) Level 3에서 에너지 효율적인 운행에 대한 요구사항이 추가되어 이를 만족하는 자동운전 프로파일 생성 알고리즘을 설계하고 구현하였다. 운영 요구 시간을 우선적으로 준수하면서 에너지 효율적인 운행 프로파일을 찾는 것을 목표로 하였다. 구현 사항은 ATO-TS(지상)와 ETCS(ATP)로부터 선로/운영 정보를 수신하여 조건에 맞게 프로파일을 생성하고 예상 소요 시간을 계산한다. 운행 시 예상 소요 시간과 운영 요구 시간을 비교하여 프로파일을 수정하거나 확정한다. 프로파일 연산 시간의 실현 가능성(feasibility)을 확인하기 위해 PC 환경에서 프로파일 연산 소요 시간을 측정하였더니 약 4ms가 소요되었다. 이로써 본 알고리즘 코드의 실현 가능성이 확인되었으므로, 노선 특성에 따라 일부 연산량 조정을 거쳐 사용 가능할 것으로 판단된다.

**주요어** : 열차자동운전, ETCS Level 3, 스케줄 운행, 에너지 효율적 운행, 선로/운영 정보

## 1. 서론

ETCS(유럽형 열차제어시스템) Level 3에서 에너지 효율적인 운행에 대한 요구사항이 추가되었다. 본 논문에서는 이러한 요구사항을 만족하는 알고리즘을 구체적으로 설계하고 C언어로 구현하여 시뮬레이션 하였다. 그 결과를 고찰하여 알고리즘의 정합성을 검토하고, 실현 가능성(feasibility)을 확인하였다.

## 2. 본론

### 2.1 열차자동운전 프로파일 알고리즘

† 교신저자: 현대로템 철도기술연구소 신호시스템팀 (leeway7@hyundai-rotem.co.kr)

\* 현대로템 철도기술연구소 신호시스템팀

\*\* 한국철도시설공단 인재개발연구원 기술연구처

#### 2.1.1 알고리즘 목표

열차 영업 운행의 첫 번째 목표는 운영 시간 준수이다. 승객이 붐비는 Rush Hour 시간대에는 운영 요구 시간이 짧지만, 그렇지 않은 Normal Hour 시간대에는 운영 요구 시간이 상대적으로 길다. 따라서 Normal Hour 시간대에는 보다 여유로운 운영 요구 시간을 준수하며 에너지 효율적인 운행 프로파일대로 운행이 가능할 것이다. 운영 요구 시간을 우선적으로 준수하면서 에너지 효율적인 운행 프로파일을 찾는 것을 목표로 알고리즘을 설계하였다.

#### 2.1.2 알고리즘 설계

본 알고리즘은 ATO 시스템에 적용되기 때문에 ATO-OB(차상)는 ATO-TS(지상)와 ETCS(ATP)로부터 선로/운영 정보를 수신하고

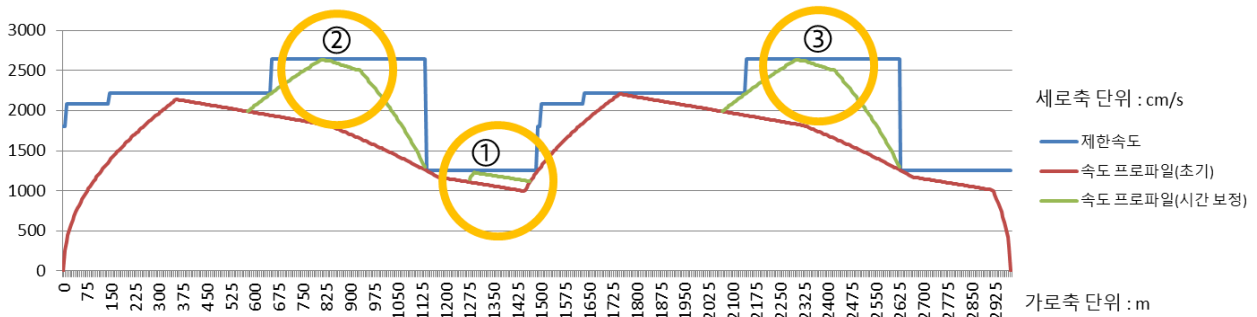


Fig. 1 선로 정보에 따라 생성된 자동운전 프로파일과 시간 보정을 반영한 프로파일

저장하며, 차량 정보도 입력 받는다. 선로 정보(제한 속도, 구배 등)를 바탕으로 에너지 효율적인 운행 프로파일을 생성하고, 그대로 운행하였을 때 예상되는 소요 시간을 계산한다. 예상 소요 시간이 운영 요구 시간보다 길 경우에는 예상 소요 시간을 단축하도록 프로파일을 수정하고, 충족하면 프로파일을 확정한다. 구현한 알고리즘 코드의 검증은 위하여 코드에 임의의 선로 정보를 대입해 결과 프로파일을 Fig. 1과 같이 생성하고, 운행 시 예상 소요 시간을 Table 1과 같이 계산하였다.

Table 1 초기 연산 프로파일과 시간 보정 프로파일의 운행 시 예상 소요 시간 비교

노선 길이	자료 구분	운행 시 예상 소요 시간
3.0 km	초기 (시간 보정 X)	209 초 (3 분 29 초)
	시간 보정 구간 : ①	207 초 (3 분 7 초)
	시간 보정 구간 : ①+②	199 초 (3 분 19 초)
	시간 보정 구간 : ①+②+③	190 초 (3 분 10 초)

### 2.1.3 구현 결과 분석

C 언어로 구현한 알고리즘 코드는 Table 1 과 같이 시간 보정을 통해 예상 소요 시간을 단축하는 기능 구현이 제대로 되었음을 확인하였다. 또한 실현 가능성 확인을 위해

PC 환경 (2.10GHz, 64bit CPU)에서 3.0km 길이 노선에 대해 연산하였더니 연산 시 약 4ms 가 소요되었다.

### 3. 결론

구현 결과와 같이 성능 검증과 연산 시간의 실현 가능성이 확인 되었으므로, 본 코드를 사용 가능할 것으로 판단된다. 다만 노선 특성에 따라서 연산량을 조정하여 연산 시간을 줄여야 할 필요도 있을 것이다. 향후 곡률, 절연구간 등의 조건도 반영하여 더욱 실제와 유사한 모델링을 갖는 알고리즘을 만드는 방향으로 발전돼야 할 것이다.

### 후 기

이 논문은 국토교통과학기술진흥원에서 지원한 "자동운전을 지원하는 ETCS L3급 고속철도용 열차제어시스템 핵심기술 및 레도회로 기능 대체기술 개발" 사업의 일환으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

- [1] UNISIG ATO WP (2018) *ATO over ETCS System Requirements Specification*, pp. 22-26.
- [2] 이기정 외 3명 (2019) *실시간 운행 스케줄을 기반으로 한 에너지 효율적인 열차자동운전시스템에 대한 고찰*, 2019 한국철도학회 춘계학술대회