

자율분산 역제어시스템의 효율성을 위한 자료분석 및 자료 활용방법에  
관한 연구

A study on material analysis and the usage for efficiency of the  
Autonomus Station Control System

하승태\*  
Ha, Seung-Tae

안진\*\*  
Ahn, Jin

용성완\*\*\*  
Yong, Sung-Wan

---

**ABSTRACT**

In this paper, the analysis methods of available information are reviewed and it is elicited to the method of which the analysis results are applied to the Autonomous Decentralized Train Management System for the optimization at the point of the route control time and for making the efficiency shunting plan in the Autonomous Centralized Station Operation Control System.

As the statistics and estimated information which are got through the utilizable information analysis are applied for the automatic route control function and the shunting plan management of the station operation control system, it is possible to use efficiently the station information by the autonomous route control system.

And as the exact forecast information needed for the shunting plan establishment and the operation is provided to the operator, it is established to the efficient train operation plan.

---

**1. 서 론**

자율분산 열차운행관리 시스템은 국내 철도시스템에 도입되어 있는 중앙 집중형 시스템의 제약점을 보완하고자 하는 목적을 가지는 분산형 열차운행관리 시스템이다. 시간이 흐름에 따라 신호 자원이 고밀도화 되고 역을 운행하는 열차의 수가 증가하더라도 열차를 수용할 수 있는 물리적 자원의 증가는 극히 제한적으로 이루어지며 이 경우 열차 운행관리 시스템은 역 자원의 최적화된 운행이 필요하게 된다. 본 논문에서는 이러한 열차운행관리 시스템의 역 자원 최적화를 위한 방법의 하나로 기존 설비의 자원 효율성에 대하여 열차운행 로그를 분석하여 각 설비의 점유 빈도 및 점유 시간에 대한 통계를 작성하고 분석된 통계 정보를 활용하는 방법에 대해 도출하고자 한다.

---

\* 대아티아이(주) 연구소 책임연구원, 비회원

E-mail : seungtah@daeati.co.kr

TEL : (032)680-0882 FAX : (032)680-0885

\*\* 대아티아이(주) 연구소 수석연구원, 회원

\*\*\* 대아티아이(주) 연구소 책임연구원, 비회원

## 2. 자율분산 역 제어시스템의 진로제어

### 2.1 자율분산 역 제어 시스템

현재 국내 CTC는 구로 통합관제실을 중심으로 하는 중앙집중형 시스템이며, 이 중에서 대형·고밀도 역이나 입환이 잦은 역은 상시 로컬로 운행되고 센터에서는 감시만 수행하고 열차의 진로 제어는 역에서 직접 수행되고 있다. 물론 CTC 센터에서 이와 같은 업무를 수행할 수 없는 것은 아니지만 역에서의 열차 흐름을 최적화하여 판단하기에는 너무나 많은 변수들이 역 개별의 특성에 따라 존재하므로 CTC에서 이와 같은 업무를 모두 처리하기에는 시스템의 효율성이 떨어지게 된다. 이와 같은 제약점을 극복하고자 연구하고 있는 시스템이 기존의 집중형 시스템과 연계하여 운영할 수 있는 분산형 시스템이다. 자율분산형 열차 운행관리시스템은 분산형 시스템을 기본으로 하고 있으나 국내에는 기존 CTC가 이미 전체 철도 노선을 관리하고 있으므로, 이 중에서 역에서의 열차 진로제어를 담당하게 되는 자율분산형 역 제어 시스템의 주안점은 현재 역에서 역 운영자에 의해 연동터미널을 수동을 취급하고 있는 역 열차운행관리 체계를 센터 시스템과 연계하여 센터스케줄과 역에서 작성되는 입환계획에 따라 자동으로 열차의 진로제어와 입환제어를 수행하는 시스템이다.

### 2.2 역 제어 시스템의 가용 자원

자율분산 역 제어시스템은 초기 건설단계에는 주변 역이나 센터의 정보를 가지고 있지 않은 상태에서 출발하여 점진적 구축을 걸쳐 주변역의 정보를 받아들이고 센터의 열차 운행계획을 받아들여 활용하도록 계획된다. 전체적인 열차 운행관리시스템의 입장에서 볼 때 역 제어시스템이 CTC에서 활용 가능한 모든 정보를 사용하고 또한 역에서만 획득 가능한 정보까지 모두 활용하는 것이 가장 이상적인 시스템 효율을 나타낼 수는 있으나 이렇게 하기 위해서는 시스템의 구축 비용이 너무 많이 들게 된다. 그러므로 역 제어시스템은 자체 시스템에서 획득 가능한 제한된 정보만을 활용하여 최적화된 열차 진로제어를 수행해야 한다.

현재 역 제어시스템에서 획득 가능한 정보는 역 신호설비 상태정보와 열차 추적정보, 인접역 상태 및 열차 추적 정보, 본선 열차운행계획과 입환이 존재하는 역의 경우에는 입환 계획이 있게 된다. 이 정보 중에서 본선 열차운행계획과 입환 계획은 센터 혹은 운영자에 의해서 입력되는 고정적인 정보이며, 역 신호설비 상태정보와 인접역 상태정보, 그리고 열차 추적정보는 상황에 따라 계속 변화되는 정보이다. 여기에서 우리가 분석하고자 하는 항목은 당역 및 인접역 신호설비 상태정보와 열차 추적 정보이다.

### 2.3 역 자원 사용의 효율성

열차 운행관리 시스템의 입장에서 볼 때 활용 가능한 역의 자원은 극히 제한적이다. 특히 열차가 직접적으로 운행하는 선로의 경우에는 제한 폭이 훨씬 좁다고 하겠다. 여러 대의 열차가 하나의 자원을 사용하기 위해서는 당연히 열차간의 경합이 발생하게 되며, 이러한 열차간의 경합을 얼마나 잘 해소하

느냐는 것이 역 제어시스템의 성능을 좌우하게 된다.

일반적으로 열차의 진로를 제어하는 열차 운행관리 시스템이나 운영자의 입장에서 볼 때 가장 우선 순위에 있는 열차에 대한 진로 제어를 가장 우선 하고 그 다음의 열차에 대한 진로 제어를 고려하게 된다. 기존의 진로 제어시스템의 처리 방식에서는 열차의 이동 진로를 제어하는 측면만을 고려할 때 어떤 진로를 제어하여 진로가 성공적으로 구성되었다면 그 진로를 열차가 통과하기 까지 걸리는 시간은 전혀 고려 대상이 되지 않았다. 열차가 운행하기 위하여 진로를 제어하여 설정되고 열차가 통과하기 까지 걸리는 시간을 시스템에서 역 자원을 사용하는 시간으로 볼 수 있으며, 실제로 열차가 선로를 통과할 때 걸리는 시간은 기존 시스템의 로그 정보를 활용하여 분석 가능하다.

진로 제어 시작 시점을  $t_1$ 이라 하고 진로가 구성된 시점을  $t_2$ , 그리고 진로가 해제되는 시점을  $t_3$ 라고 할 때 시스템의 역 자원 사용시간은  $(t_3 - t_1)$ 으로 볼 수 있다.

열차가 진로의 시작점에 도착한 시간을  $t_4$ , 진로를 구성하는 모든 신호설비의 점유를 종료한 시점을  $t_5$ ( $t_3$ 과 동일)로 볼 때 실제 열차가 역 자원을 사용한 시간은  $(t_5 - t_4)$ 가 된다. 여기에서  $t_4$ 는 전방 신호 조건에 의해서 속도 제한을 가지지 않은 상태에서 진입한 시간을 의미하는 것으로, 만일 열차의 진로 제어시점이 늦어짐에 따라 발생하는 열차의 속도 제한에 대해서는 고려하지 않았다.

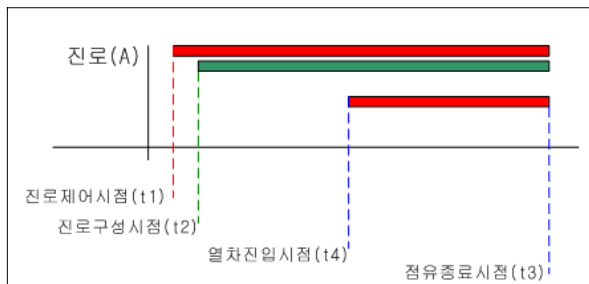


그림1. 역 자원 점유 시간

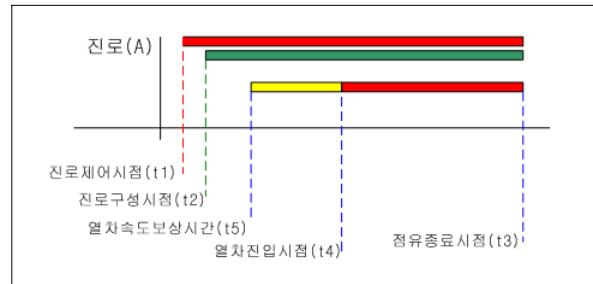


그림2. 열차 속도를 위한 보상시간 적용

위의 두 그림에서 고려되어야 하는 점은 열차의 진로 제어시점과 구성시간, 열차속도 보상시간을 모두 포함하더라도 실제 선로 자원의 활용에는  $t_4 - t_5$ 만큼의 시간이 과다하게 책정되어 있다는 것이다. 여기에서 열차속도 보상시간에는 열차가 전방 신호조건에 따라 속도를 감속하게 되는 경우가 없도록 충분한 보상 시간을 주도록 한다.

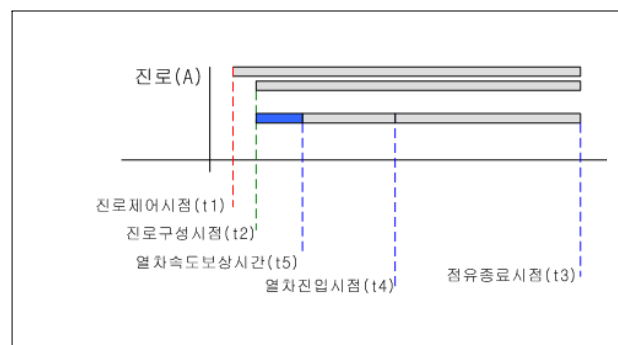


그림5. 역 자원 활용 가용 시간

위의 그림에서 볼 때 실제 열차가 운행되는 시간과 진로 제어 시점과는  $(t_5 - t_2)$ 만큼의 차이가 존재한다. 이러한 실제 선로자원의 활용 계획과 실행의 차이는 전체적인 선로 자원의 효율적인 운영을 볼 때 많은 자원 낭비가 될 수도 있다.

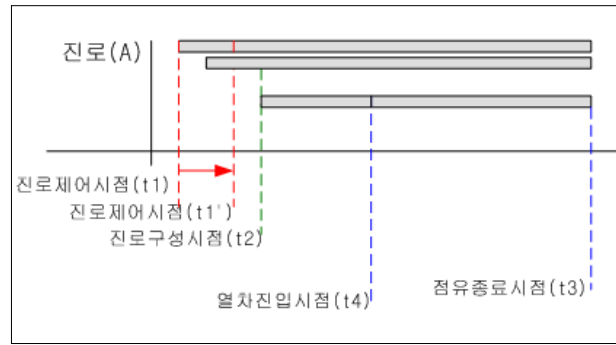


그림6. 역 자원 활용 최적화시

역 진로제어 시스템에서는 이러한 시간의 낭비를 사전에 고려하여 진로 제어 시점을 t1에서 t1'로 늦출 수 있다. 일반적인 경우 이러한 제어 시점에 대한 최적화는 쓸모없을 수도 있다. 그러나 대형역일 수록 그리고 열차의 수가 많을수록 이러한 작은 오차는 커다란 열차의 흐름을 방해할 수 도 있다. 진로(A)에 대한 제어 시점이 단 몇 초만 예정 된 시간보다 늦추어 질 수 있다면 진로(A)와 경합 관계에 있는 다른 진로(X)는 충분히 열차를 이동시킬 수도 있게 된다. 열차가 선로를 따라서 순차적으로 운행 하는 경우에는 위와 같은 면을 고려할 필요가 없다. 이러한 분석이 가장 필요한 곳은 열차들이 하나 혹은 여러 개의 역 자원을 공동으로 점유하고자 하는 경우에 발생된다.

### 3. 역 자원 활용 시간 분석

역 자원 활용 시간 분석에 사용한 자료는 구로 통합관제실의 CTC 통신서버에 기록된 로그 정보이다. 로그정보는 역별로 저장되어 관리되므로 일 단위로 쉽게 분석할 수 있다. 로그의 분석을 위하여 구로 통합관제실에 저장되어 있는 연동 데이터베이스 자료가 활용된다.

순번	발생시간	발생상태	ID	종류	열차
1	00:00:01	02 06 AE 20 96 80 00 00 2F 02 5A 3E 03	111	진로기	SG_B159AT
2	00:00:04	02 02 80 20 0F 82 63 49 03	112	진로기	SG_B5006T
3	00:00:09	02 02 83 20 10 82 90 4A 03	113	진로기	SG_B5008T
4	00:00:12	02 02 85 20 78 00 9C 40 03	114	진로기	RT_1A_10T
5	00:00:16	02 04 89 02 11 82 76 05 03	115	진로기	RT_1A_10T
6	00:00:19	02 02 8A 20 71 00 6C 40 03	116	진로기	RT_1A_6T
7	00:00:28	02 08 03 20 5A 00 7C 80 C9 00 CE 00 44 64 03	117	진로기	RT_1A_7T
8	00:00:30	02 02 C1 20 15 02 E6 50 03	118	진로기	RT_1A_8T
9	00:00:35	02 02 C4 20 78 80 CB 57 03	119	진로기	RT_1A_9T
10	00:00:39	02 02 C7 20 14 02 16 5E 03	120	진로기	RT_1A_F
11	00:00:43	02 08 C9 20 71 80 73 00 C2 00 C3 00 3A 20 03	121	진로기	RT_1A_0
12	00:00:44	02 02 CA 20 59 00 DC 57 03	122	진로기	RT_2A_10T
13	00:00:47	02 02 CC 20 EE 00 16 5D 03	123	진로기	RT_2A_4T
14	00:00:49	02 16 CD 20 0C 81 09 81 4E 00 96 00 A2 00 C3 80 C9 80 CF 80 1	124	진로기	RT_2A_5T
15	00:00:52	02 06 CF 20 EE 80 FA 80 14 82 10 DC 03	125	진로기	RT_2A_6T
16	00:00:54	02 0A 00 20 61 80 C2 80 C6 00 C7 00 CE 80 2A 7B 03	126	진로기	RT_2A_7T
17	00:00:57	02 02 20 9F 81 A8 58 03	127	진로기	RT_2A_8T
18	00:00:58	02 04 03 20 73 80 C1 00 73 86 03	128	진로기	RT_2A_9T
19	00:01:09	02 08 0A 20 2A 01 4E 80 5A 80 CA 00 9B 9A 03	129	진로기	RT_2B_10T
20	00:01:11	02 02 08 20 20 01 9E 51 03	130	진로기	RT_2B_4T
21	00:02:01	02 02 FB 20 82 00 02 51 03	131	진로기	RT_2B_5T
22	00:02:03	02 02 FC 20 9F 01 F0 57 03	132	진로기	RT_2B_6T
23	00:02:06	02 02 FE 20 BF 80 1B 51 03	133	진로기	RT_2B_7T

그림7. 역 로그데이터 분석 프로그램

단순한 데이터 파일로만 간주되는 로그파일에 대한 분석 프로그램을 작성하여 데이터를 분석한 결과 역 자원의 사용 빈도 및 사용 시간, 그리고 여기에서 가장 주안점을 두고 있는 진로의 설정/해제 시간에 대한 정보를 시각적으로 활용할 수 있다.

OBJECT NAME	시작시간	종료시간	점유시간
MD_MODE	04:28:29	04:33:06	00:04:37
MD_MODE	08:50:36	08:56:15	00:05:39
MD_MODE	02:49:20	02:56:16	00:06:56
MD_MODE	06:15:04	06:24:37	00:09:33
MD_MODE	03:37:15	03:48:11	00:10:56
MD_MODE	03:57:00	04:28:24	00:31:24
MD_MODE	06:42:05	07:27:54	00:45:49
MD_MODE	07:37:17	08:33:11	00:55:54
RT_1A_10T	09:12:31	09:12:39	00:00:08
RT_1A_10T	03:01:18	03:01:34	00:00:16
RT_1A_10T	06:06:49	06:10:12	00:03:23
RT_1A_10T	02:52:23	02:58:51	00:06:28
RT_1A_10T	06:52:03	07:02:52	00:10:49
RT_1A_10T	03:26:03	03:38:54	00:12:51
RT_1A_10T	05:08:13	05:23:11	00:14:58
RT_1A_4T	06:06:45	06:20:52	00:14:07
RT_1A_4T	07:25:58	07:41:04	00:15:06
RT_1A_4T	02:56:39	03:22:33	00:25:54
RT_1A_4T	04:45:06	05:19:17	00:34:11

그림7. 역 로그 분석 결과

이 텍스트 기반의 로그 정보를 데이터베이스로 저장하여 다양한 상태로 활용이 가능하게 된다. 로그 정보에서 진로의 설정 시작 시간 및 종료시간을 분석한 결과 열차에 의한 진로 점유시간보다는 훨씬 많은 시간을 진로가 설정된 상태로 있음을 확인할 수 있었다. 즉 선로를 점유하지 않는 열차를 위해 역 자원을 미리 할당하여 놓은 것을 확인할 수 있으며 이 정보를 자율분산 역 제어시스템에 적용하는 경우 실제로 선로점유를 하고 있지 않은 많은 여유 시간에 다른 열차를 위해 할당할 수 있게 된다. 실제 선로 점유를 확인할 수 있는 궤도의 점유 시간은 연동도표의 데이터베이스화를 통해서 구할 수 있다. 이 로그 분석에서 누락된 부분은 현장 신호설비에 대한 로그정보와 실제 열차가 운행되는 시간의 일부분을 알 수 있는 열차 운행실적과 연계하지 못한 것이다. 만일 로그정보에 대한 분석과 더불어 열차운행계획 실적정보를 연계할 수 있다면 보다 정확한 통계정보를 구축할 수 있으며 이를 활용하는 경우 열차 운행관리 시스템의 성능을 보다 향상시킬 수 있게 된다.

#### 4. 결론

열차가 운행하는 선로 자원은 제한적이며 열차 진로제어시스템은 이러한 선로자원의 효율을 극대화하기 위하여 여러 가지 데이터를 시스템이 활용하도록 해야 한다. 이 논문에서 알리고자 하는 것은 기존의 중앙 집중형 시스템에서는 고려되고 있지 않거나 혹은 고려되었더라도 구체적인 통계 없이 단순한 예측만으로 프로그램화 되어 있는 열차 진로제어의 시점에 대하여 현장 설비를 통해 입력 가능한 통계정보를 활용할 수 있다 것이다. 물론 기존 CTC의 자동진로 제어시스템에도 나름대로의 진로 제어 기준 시점이 있어서 이를 적용하는 것을 알고 있으나 CTC는 광범위한 역을 단위로 해서 역간의 효율성만을 보는 측면을 강하며 역 별 효율성에 대해서는 중요하게 여기지 않고 있다.

자율분산 역제어 시스템은 전체 노선의 효율성에 따라 작성된 센터 스케줄을 기반으로 하여 역 자원을 효율적으로 사용해야 하므로 기존의 CTC 자동진로 제어 기준만으로는 효율성 측면에서 제한될 수밖에 없다. 자율분산 역 제어 시스템에서는 위의 분석 방법에 의한 통계 정보 및 계산식에 의해 구해지는 정보를 역 제어시스템의 자동진로 기능에 활용할 수 있으며, 통계 데이터를 통해 얻어진 역 자원 점유 시간에 대한 통계를 활용하여 역 단위 입환계획의 작성/활용에 적용할 수 있다. 역 운영자는 통계 정보 및 예측정보를 적극 활용함으로써 역 제어시스템의 처리 효율을 높이도록 유도할 수 있게 된다. 이러한 정보의 분석을 통한 통계 자료의 구축 및 이 정보의 적극적인 활용은 역의 신호 자원 운영 효

율을 높일 수 있게 될 것이다.

#### 참고문헌

1. Kinji Mori(1993), “Autonomous Decentralized Systems: Concept, Data Field Architecture and Future Trends” , Proc. Of ISADS93
2. F. Kitahara et al(1999), “Phased-In Construction Method of ATOS”, Proc. Of ISADS99
3. F. Kitahara(1999), “Autonomous Decentralized Traffic Management System”, J.IEE Japan
4. 건설교통부(2005), “대형·고밀도운행 철도역 자동운행제어시스템 개발(2차년도 연차보고서)”, 연구기관 : 한국철도연구원, 경봉기술(주)
5. 건설교통부(2006), “대형·고밀도운행 철도역 자동운행제어시스템 개발(3차년도 연차보고서)”, 연구기관 : 한국철도연구원, 경봉기술(주)