

철도신호시스템 교체에 따른 운행 시나리오 도출에 관한 연구

Study on the Design of Operation Scenario for Replacement of a Railway Signaling System

정 락 교[†] · 김 백 현* · 강 석 원* · 고 영 환**

(Rag-Gyo Jeong · Baek-Hyun Kim · Seok-Won Kang · Young-Hwan Kho)

Abstract - The railway signalling system plays an essential role in the headway and routing control for a safe and efficient train operation. The reliable and safe operation of the system is very important because the failure of the railway signalling system can lead to the collision, derailment, or unexpected stop of a train. So far, the conventional wayside signal mode (ATS: Automatic Train Stop) has been generally used as the railway signalling system. However, this system is highly linked to a risk of major accidents resulted from human mistakes such as missing a signal or careless control of train speed. Accordingly, the onboard signal mode (ATC: Automatic Train Control) as an alternative of ATS has been recently introduced and applied to transmit effectively the information on speed control of a train by using computers and communication equipment. In the process of replacing the obsolete signal system, it is necessary to switch over the system while providing passengers with normal services. Therefore, the integration of a railway signaling system compatible for both ATS and ATC and its interface is discussed in this study. In particular, the implementation scenario required for operation planning of the integrated system was designed, and the results as well as effects of its applicability test were also presented.

Key Words : Railway signalling system, Safe signal operation, Automatic train stop, Automatic train control

1. 서 론

철도 신호시스템의 기술발전은 현장을 중심으로 지속적으로 이루어져 왔다. 이는 새로운 철도시스템 개발과 더불어 전기·전자·컴퓨터의 기술적 발전과 연계되어 새로운 신호시스템의 개발 및 적용이 되고 있다. 국내 도시철도의 경우에도 1974년 서울지하철 1호선 도입이후 신호시스템은 비약적인 발전을 이루어 왔다. 현재 도시철도는 다른 도시교통 수단과의 경쟁 속에서 승객들을 유치하기 위해 이용 방법의 용이함은 물론, 짧은 열차 대기시간과 신속하고 편안한 여행을 제공해야 하며, 동시에 시스템적으로는 안전성과 신뢰성을 확보해야 한다. 이러한 목적들을 달성하기 위해 신호시스템은 고속주행뿐만 아니라 교통량 증가 시에도 안전한 열차 운행을 위한 자동운전 모드에서의 부드럽고 신속한 열차 운행을 지원해야 하고 안전하게 열차 출입문을 제어, 승강장 및 열차 내의 승객들을 위한 정보를 제공해야 한다. 또한, 신호시스템은 고도의 자동제어가 요구되는 본선과 차량기지 에서 열차운행의 감시 및 통제를 위한 수단을 시스템 운영

자에게 제공하여야 하며, 유지보수 활동을 지원함으로써 운행경비를 줄일 수 있어야 한다[1].

도시철도 운영 경험 30여년의 시점에서 볼 때, 시스템 개량 방법 및 절차 등에 대하여 준비하고 계획 되어야 한다. 도시철도 차량의 경우는 도시철도법 하에서 25년 운행 후 정밀진단을 통해 5년의 기간 동안 수명을 연장할 수 있도록 정의되어 있으나, 신호시스템의 경우는 체계적으로 정립되어 있지 않으므로 개량 방법 및 절차에 관한 계획 수립시 다양한 요소들을 충분히 검토하여야 한다[2]. 신호시스템을 교체하기 위하여 승객을 위한 운행서비스를 유지하면서 새로운 시스템으로 교체하는 것이 필요하다. 이에 서울메트로 2호선에서는 기존의 지상신호방식의 자동열차정지(ATC : Automatic Train Stop)방식을 차상 신호방식의 자동열차제어(ATC : Automatic Train Control)방식으로 교체하였다. 즉 자동열차보호/자동열차운전(ATP/ATO : Automatic Train Protection/Automatic Train Operation)시스템을 도입하여 운전자의 조작을 최소화하고 전동차를 자동운전 하도록 함으로써 열차운영 효율을 극대화 하고 있고 여러 가지 해결책이 제시되었다[3~6]. 본 논문에서는 ATS시스템을 ATC시스템으로 개량하는 과정에서 ATS시스템과 ATC시스템을 일정기간 중첩사용하다가 궁극적으로 ATC로 교체될 것이나 둘 중 한 시스템이 탑재한 차량이 존재하는 한 중첩 사용해야하기 때문에 효율적으로 운영하기 위해 운영계획 수립에 필요한 운영 시나리오를 시스템 적용환경을 고려하여 도출하고 도출한 운영시나리오를 적용하여 효과가 있음을 입증하였다.

[†] Corresponding Author : Future Transportation Systems Research Division, Korea Railroad Research Institute, Korea

E-mail : rgjeong@krii.re.kr

* Future Transportation Systems Research Division, Korea Railroad Research Institute, Korea

** Busan-Gimhae Light Rail Transit Operation Co., Ltd.

Received : February 25, 2014; Accepted : July 24, 2014

2. 중첩 테스트

2.1 중첩사용 시스템

서울메트로 2호선은 현재 기존의 선로변 신호기와 ATS 안전장치에 의한 열차운전제어 방식을 ATC 장치에 의한 자동운전제어방식의 열차제어시스템으로 개량하였다. 그림 1은 기존 ATS 지상신호방식의 개념을 설명한 것으로 신호 현시와 제한 속도를 나타내었다. G(진행)은 선로의 허용최대속도이고, YG(감속)는 65km/h, Y(주의)는 45km/h, YY(경계)는 25km/h, R1(정지), R0(절대정지)이다.

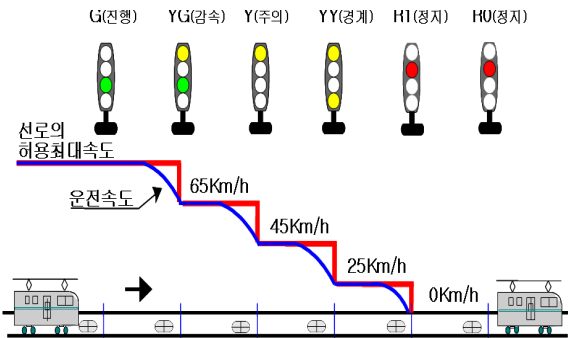


그림 1 ATS 지상신호방식의 개념
Fig. 1 Concept diagram for ATS wayside signalling

ATP/ATO장치는 열차이동의 제어기능과 열차간 안전한 이격거리 유지 기능을 제공하며 열차운전 명령을 자동으로 실행하며 선행열차의 위치, 운행진로 등의 선로의 제한 조건에 따른 정보코드가 텔레그램으로 지상과 차상간 궤도회로, TWC(Train Wayside Communication) 루프 등의 전송매체를 통해 차상제어장치로 전송된다. 차상에서는 지상으로부터 전송된 운행정보를 바탕으로 차량의 제동특성을 고려하여 안전거리를 유지하면서 속도제어를 위한 제동곡선을 생성하고 이에 따라 자동 또는 수동으로 운전하는 시스템이다. 그림 2는 ATP/ATO에 의한 자동운전제어곡선을 나타낸 것이다. 이는 궤도회로를 통해 폐색구간별 차상으로 전송되는 텔레그램의 정보 내용들과 선행열차와의 안전거리를 위한 정지점 계산, 정지점에 열차가 정지하기 위한 차상 제어장치에서 생성하는 목표속도인 운전속도, 그리고 운전속도를 추종하면서 자동으로 운전하는 실제 운전속도인 지시속도 등을 나타낸다. 신호현시는 분기구간에서만 G(진행), R(정

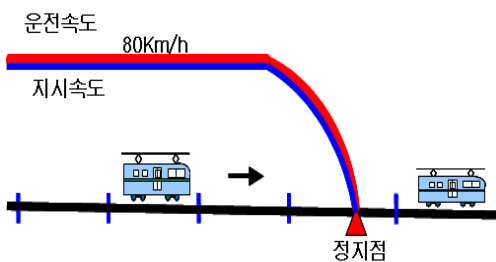


그림 2 ATP/ATO에 의한 자동운전제어 곡선
Fig. 2 Vehicle control profile for ATP/ATO

지)가 사용되어진다.

그림 3는 기존의 ATS 장치와 새로 도입한 ATP/ATO장치에 의한 운전개념을 나타낸 것으로 ATS 장치의 경우 선로변의 신호기 현시정보를 운전자가 육안으로 확인하여 운전하는 방식을 도식적으로 나타낸 것이며, 신규로 도입한 ATP/ATO 장치는 지상 AF(Audio Frequency) 궤도회로에 의한 차상로의 통신을 통해 목표속도와 이동거리 정보를 제공해 주고, 이 수신정보를 바탕으로 차상제어장치가 자동으로 선행 열차와의 안전거리를 유지하면서 운전하는 방식을 나타낸 것이다.

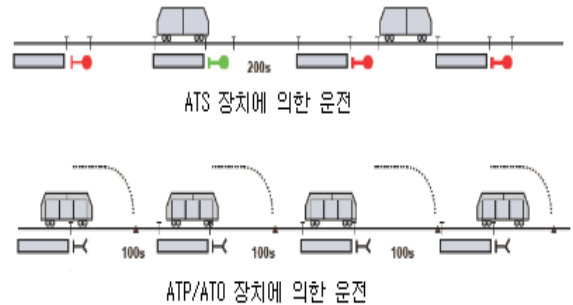


그림 3 ATS장치 및 ATP/ATO장치에 의한 운전
Fig. 3 Operation schemes of ATS and ATP/ATO

2.2 중첩사용 시스템 인터페이스

기존의 ATS 장치를 신규의 ATP/ATO 장치로 완전하게 교체하는 동안 승객 서비스의 중단이 없도록 일정기간 시스템을 중첩 사용하는 방안에 대하여 그림 4에 나타내었다. ATS 장치에 의하여 운전할때의 신호현시와 속도관계에 따라 #203, #202, #201 열차간의 열차 정지점 및 안전거리 확보구간을 나타낸 것이며, ATO장치에 의하여 운전할때는 궤도회로를 통해 폐색구간별로 차상으로 전송되는 텔레그램의 정보 내용들과 선행열차와의 안전거리를 위한 정지점 계산과 정지점에 열차가 정지하기 위한 차상 제어장치에서 생성하는 목표속도인 운전속도, 그리고 운전속도를 추종하면서 자동으로 운전하여 #203, #202, #201 열차간의 열차 정지점

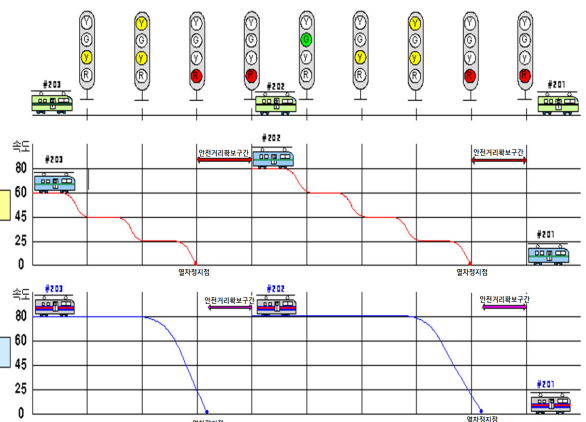


그림 4 ATS와 ATP/ATO장치의 중첩운전
Fig. 4 Concept diagram of ATS and ATP/ATO mixed operation

및 안전거리 확보구간을 나타낸 것이다.

그림 5에 기존의 ATS 시스템에 구축되었던 관제 및 계전 연동장치(그림 좌측)와 신규의 ATP/ATO 시스템 구축을 위해 필요한 관제설비 및 전자연동장치(그림 우측)간의 인터페이스 구성도이다. 관제설비간에는 상호병행(중첩운영)하기 위하여 인터페이스장치를 추가하였고 기존의 ATS용 계전연동장치와 ATP/ATO용 전자연동장치간의 인터페이스는 궤도반응계전기와 궤도회로간의 열차점유 및 비점유 정보를 인터페이스하고 선로전환기 제어는 표시, 쇄정정보를 콘넥터로 연계하고, 신호간에도 상태정보를 콘넥터로 인터페이스하였다.

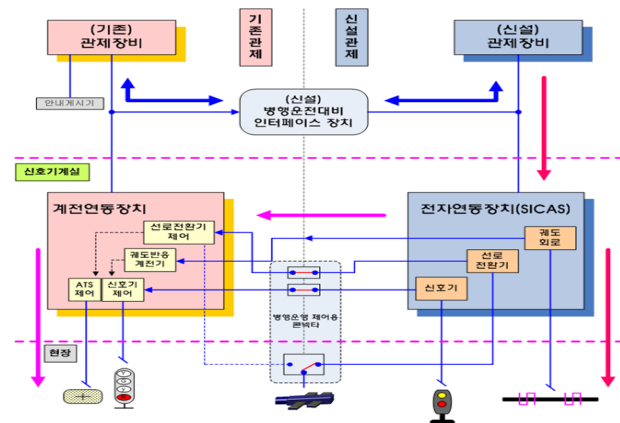


그림 5 중첩운영 인터페이스 구성도
Fig. 5 Interface diagram of mixed operation

3. 중첩 운영 방안 및 시나리오 분석

3.1 중첩 운영 방안

신호기에 의한 다단계 속도제어 지상신호방식은 모든 열차운전에 대한 판단을 기관사에 의존하며, 이러한 기관사의 판단을 지원하기 위해 ATS 장치가 부가 장착되어 안전한 열차운전을 지원한다. 또한 신규로 도입한 Distance to go 방식(ATP/ATO)은 지상과 차상의 정보 송수신에 의해 차상 컴퓨터가 열차를 제어하며 기관사는 차상 컴퓨터가 지시하는 내용에 따라 운전을 수행하는 방식이다.

신호시스템 중첩설치에 따른 운영은 안전과 관련하여 열차의 추·충돌에 대한 의문이 제기되어 여러 요소와의 관계성을 검토하였으나, 기존과 같이 열차의 안전간격을 보증하는 기본적인 궤도회로를 사용함으로써 정상적인 운전상황에서는 추·충돌과 관련된 우려의 상황은 배제될 것이다.

신호시스템은 운영에 직접 연관되어 있으므로 일관성 있도록 단일 신호방식을 적용하는 것이 가장 일반적이며 효율이 높다. 2가지 형태(ATs, ATP/ATO)의 신호방식을 적용하게 되면 단순히 2종류의 신호설비를 설치하는 정도의 문제가 아니라, 기관사를 포함하여 관제원, 역무원등 운영 관련자 모두가 ATs, ATP/ATO의 신호 원리를 숙지하여 각 신호방식에 숙달된 대응 행동이 이루어져야 하며, 설비의 유지보수, 교육, 의사소통 등에까지 영향을 미치게 될 것이다. 또한 운영 중 시스템 장애나 에러, 운영 관련자의 혼란이나 착각, 실수 등으로 인한 사고의 위험성을 더욱 높일 수 있는

요소가 될 수 있다. 따라서 원칙적으로는 가능한 한 중첩운행을 피하고 단일의 신호방식에 의한 시스템 운영이 바람직하다.

그러나 중첩사용을 피하기 어려운 경우에는 보통 신호설비들간의 엄격한 상호 연계를 통한 운영이 일반적이다. 이때 안전성이 높은 시스템을 중심으로 기능성이 낮은 설비를 수용할 수 있도록 운영 상황에 따른 적절한 기준을 설정할 필요가 있다. 서울메트로 2호선의 경우에는 운행될 열차 중 일부가 기존 설비로만 운행됨에 따라 인프라 개량시 기존 설비를 철거하지 않은 채 신형 설비로 개량이 완료되었다. 이는 기존 설비와 신규 설비가 독립적으로 적용된 것으로, 설비간 상호 간섭이 없고 운행되는 선행열차의 위치 등 관련 정보를 공유할 수 있다는 전제하에 기본적으로 별도 운영이 가능할 것으로 판단된다. 따라서 ATP/ATO 장착 열차의 경우에는 선행열차의 위치, 선행열차의 종류 등에 대한 정보 공유가 필요하며, 기존 ATS 열차의 경우에는 선행열차의 위치에 대한 정보 공유가 필요하다. 이러한 기준에 따라 시스템 상호간 간섭을 완벽히 차단하고, 해당 설비에 대한 신호 원리를 준수하여 운영이 가능할 것으로 판단된다. 이때 승무원, 관제원, 유지보수 요원, 역무원 등 운영 관련자가 모두 기존 ATS 설비 및 신규 ATP/ATO 설비에 대한 이해 및 숙지, 숙달이 반드시 필요하다.

신호시스템의 중첩설치 및 중첩사용으로 인한 안전성을 고려하여 보면, 개량사업의 경우 안전성이 낮은 설비를 안전성이 높은 설비로 개량하는 것이 일반적이며, 이로써 서비스 향상 및 수익 확대 등을 기대할 수 있는 것이다. 서울메트로 2호선의 경우 신규 신호장치(ATP/ATO)의 안전성이 기존 설비의 주요 방호장치인 ATS 장치보다는 향상된 것이다. 따라서 기존 신호방식에서의 열차간 충돌은 신호기의 확인에 의한 기관사에 의존하고 부가적으로 ATS장치의 협조를 구하는 방법으로 기관사의 오류나 안전성이 낮은 ATS 장치의 동시오류에 의한 발생가능성이 존재하였으나, 안전성이 증가된 ATP/ATO 신규 신호방식의 차상장치가 장착된 차량이 선행열차인 기존 신호방식차량을 뒤따르면서 충돌할 가정은 정상적인 신호장치의 동작에서는 발생될 수 없는 가정이다.

따라서 신호시스템 중첩 운영방안은 ATs, ATP/ATO의 방식을 2호선 구간에 접목하여 운영하는 방안에 대하여 기술하였다.

단, ATs, ATP/ATO 방식이 혼합되어 열차가 운행될 때는 안전성과 신뢰성이 뛰어난 Distance to go 방식의 장점을 십분 활용 못하고 기존 신호방식에 의한 다단계 제어방식의 안전성 수준으로 열차들이 운행될 것이다.

ATs, ATP/ATO 방식이 운영될 서울메트로 2호선의 운행선로는 그림 6과 같다. 그림 6에서와 같이 선로의 구성형태는 양 지선 즉, 신정지선과 성수지선을 제외하면 순환선으로 내선과 외선이 항상 일정한 방향으로 열차가 운행된다.

2호선 신호시스템 개량사업에서는 기존의 ATs 신호방식이 완전히 개량되어 새로운 신호제어방식으로 운행될 수 있는 조건이 완성되더라도 차량의 차상신호장치가 변경되는 과정에 있으므로 ATs, ATP/ATO 방식의 신호시스템이 중첩되어 일정기간 함께 운영되어야 한다. 이에 대한 열차운행 방안을 각 부문(신호, 차량, 운영, 관제 등)의 면밀한 검

표 2 ATO 배치에 따른 평균정차시간
Table 2 Average platform stop time with respect to the ATO

○ ATO열차 집중 배치 전 평균정차시간 : 63초									
역운행실적									
운행일차	20140320		역번호/명	12 / 강남		출력일자: 2014-07-17			
운행방향	2순환선외측								
순번	문번	도착예정시간	도착시간	정차	출발시간	종착역	운행형태	도착/출발진로	연결열차
263	2053	07:48:30	07:48:13	50	07:48:03	011성수	[정밀열차]	/	2121
264	3055	07:52:00	07:52:38	58	07:53:36	481성수	[정밀열차]	/	6123
265	3057	07:55:00	07:54:42	101	07:56:23	481성수	[정밀열차]	/	3125
266	2059	07:58:30	07:59:32	59	08:00:28	481성수	[정밀열차]	/	2127
267	2061	08:01:00	08:02:08	61	08:03:09	481성수	[정밀열차]	/	2129
268	2063	08:03:30	08:04:69	48	08:05:47	011성수	[정밀열차]	/	2131
269	3055	08:06:00	08:07:27	59	08:08:26	481성수	[정밀열차]	/	3133
270	2701	08:08:30	08:09:45	50	08:10:35	011성수	[정밀열차]	/	4705
271	2067	08:11:00	08:13:39	65	08:14:44	481성수	[정밀열차]	/	2135
272	2069	08:13:30	08:16:34	60	08:17:34	011성수	[정밀열차]	/	2137
273	3071	08:16:00	08:19:35	62	08:20:37	481성수	[정밀열차]	/	3139
274	2073	08:19:00	08:23:12	62	08:24:14	011성수	[정밀열차]	/	4141
275	2075	08:21:30	08:28:52	75	08:30:07	481성수	[정밀열차]	/	2143
276	3077	08:23:30	08:31:56	77	08:33:13	011성수	[정밀열차]	/	6145
277	3079	08:25:30	08:36:28	75	08:37:43	481성수	[정밀열차]	/	3147
278	2081	08:28:30	08:39:53	77	08:41:10	011성수	[정밀열차]	/	2149
279	2083	08:31:00	08:42:30	67	08:43:37	481성수	[정밀열차]	/	4151
280	2085	08:33:30	08:45:58	66	08:47:04	011성수	[정밀열차]	/	2153
281	3087	08:36:00	08:48:59	65	08:50:04	481성수	[정밀열차]	/	3155
282	2091	08:41:00	08:51:20	53	08:52:13	481성수	[정밀열차]	/	2159
283	2089	08:38:30	08:54:11	54	08:55:05	011성수	[정밀열차]	/	4157
284	3095	08:43:30	08:56:24	49	08:57:13	481성수	[정밀열차]	/	6163
285	2097	08:45:30	09:00:34	62	09:01:36	011성수	[정밀열차]	/	2165
서울메트로(2호선)	2								
○ ATO열차 집중 배치 후 평균정차시간 : 59초									
역운행실적									
운행일차	20131120		역번호/명	12 / 강남		출력일자: 2014-07-17			
운행방향	2순환선외측								
순번	문번	도착예정시간	도착시간	정차	출발시간	종착역	운행형태	도착/출발진로	연결열차
266	2049	07:42:00	07:42:45	55	07:43:41	011성수	[정밀열차]	/	2117
267	2051	07:45:00	07:45:40	53	07:46:33	481성수	[정밀열차]	/	2119
268	2053	07:48:00	07:49:29	63	07:50:32	011성수	[정밀열차]	/	2121
269	3055	07:52:00	07:51:47	46	07:52:33	481성수	[정밀열차]	/	6123
270	3057	07:55:00	07:55:08	49	07:55:57	481성수	[정밀열차]	/	3125
271	2059	07:58:30	07:57:58	43	07:58:41	481성수	[정밀열차]	/	2127
272	2801	...	08:00:16	43	08:00:59	011성수	[정밀열차]	/	2807
273	2061	08:01:00	08:02:20	45	08:03:05	481성수	[정밀열차]	/	2129
274	2063	08:03:30	08:06:05	52	08:06:57	011성수	[정밀열차]	/	2131
275	3065	08:06:00	08:06:48	54	08:09:42	481성수	[정밀열차]	/	3133
276	2701	08:08:30	08:11:15	73	08:12:28	011성수	[정밀열차]	/	4705
277	2867	08:11:00	08:13:48	52	08:14:40	481성수	[정밀열차]	/	2135
278	2069	08:13:30	08:16:21	53	08:17:14	011성수	[정밀열차]	/	2137
279	3071	08:16:00	08:19:29	51	08:20:20	481성수	[정밀열차]	/	3139
280	2073	08:19:00	08:22:09	114	08:24:03	011성수	[정밀열차]	/	4141
281	2075	08:21:30	08:29:10	70	08:30:20	481성수	[정밀열차]	/	6145
282	3077	08:23:30	08:32:21	66	08:33:29	011성수	[정밀열차]	/	2143
283	3079	08:25:30	08:35:04	68	08:36:12	481성수	[정밀열차]	/	3147
284	2081	08:28:30	08:37:24	65	08:38:29	011성수	[정밀열차]	/	2149
285	2083	08:31:00	08:39:54	64	08:40:58	481성수	[정밀열차]	/	4151
286	2803	...	08:42:26	61	08:43:27	011성수	[정밀열차]	/	2809
287	2805	...	08:44:37	60	08:45:37	481성수	[정밀열차]	/	1951
288	2085	08:33:30	08:46:47	58	08:47:45	011성수	[정밀열차]	/	2153
서울메트로(2호선)	2								

에 집중 배치하여 운행함을 말한다. 따라서 그림 1에서와 같이 ATO열차를 집중 배치 후 강남역 기준으로 정차 시간이 열차당 평균 4초 단축 되었으며, 그 결과 평일 외선 열차가 총 276회 운행됨으로 전면 ATO열차로 운영하면 약 18.4분 정도 단축 할 수 있는 효과가 있는 것으로 나타났다.

4. 결 론

신호방식의 노후화에 따른 개량시의 시스템 중첩운전 방법으로 ATC와 기존 ATS 혼합운영에 대한 운영 시나리오를 도출을 도출하였다. 이는 운영기관의 특성을 고려하고 그 동안의 설비 운영 패턴 등을 반영하여야 하므로 운영기관에서 심도 있는 검토를 수행하는 것이 절대적이다. 혼합운영으로 인한 초기 위험요소인 기관사의 조작실수로 인한 혼란과 시스템의 초기결함, 운행조건의 미세조정 등을 포함한 방안이 검토된 것이다. 일반적인 사항만을 검토하여 실제 운영에 반영하기에는 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 시나리오 중에서 기존 ATS 및 ATC시스템을 독립적으로 운영하는 방안에 대하여 시험 분석하였다. 그 결과 열차당 정차시간이 평균 4초 단축 효과를 보았다. 이를 토대로 하여 궁극적으로 시스템 개량의 효과를 최대로 얻기 위해서는 전체 운영열차의 차상장치 개량이 전제되어야 할 것이다. 아울러 이는 경영개선 및 운영효율화를 위해 기존 ATS 신호방식 운영에서 신규 신호방식으로 개량하기 위한 최종 운영시나리오는 운영환경 및 환경조건 등을 고려하여 추가로 정립되어야 한다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 미래창조과학부 주요연구사업 “수요응답형 순환교통시스템(PRT) 핵심기술 개발” 과제의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

[1] Rag-Gyo Jeong et al., “ Railway Signalling System between New ATP/ATO System and Conventional System Compatibility Review for Seoul Metro 2 Line”, Korea Railroad research Institute, Nov. 2008.

[2] Rag-Gyo Jeong, Baek-Hyun Kim, Jeong-Ki Kim, Yong-Kyu Kim, “An Analysis of Parameter Re-signal System”, The Korean Society for Railway Con., pp. 1251-1256, Nov. 2008.

[3] Rag-Gyo Jeong, Baek-Hyun Kim, Eui-Jin Joung, “A Study on Interference of Harmonic Frequency during the Change of Urban Transit’s Signalling Systems”, Journal of academia-industrial technology, Vol. 11, No. 2, pp. 469-475, 2010.

[4] R. Burch, F. N. Najm, P. Yang, and T. N. Trick, “A Monte Carlo Approach for Power Estimation”, IEEE Trans. on VLSI systems, Vol. 1, No. 1, pp.63-71,

March 1993.

- [5] Young-Hwan Kho, Sun-Ho Yoon, Kyu-Hyoung Choi, "Analysis of EMI between Overapped Railway Signalling Systems and Its Countermeasure", The Korea Institute of Electrical Engineers, Vol 58, No. 6, pp.1116-1122, June 2009
- [6] Kyu-Hyoung Choi, Young-Hwan Kho, Sun-Ho Yoon, "A Study on the EMI between ATS and ATP/ATO Systeme", The Korean Society of Automotive Engineers, Con., pp. 1739-1744, Nov. 2009.

저 자 소 개



정 락 교 (鄭 樂 敎)

1991년 2월 인하대학교 전기공학과 졸업. 1999년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 2005년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1990년 12월~1994년 12월 한진중공업 사원. 1995년 1월~현재 한국철도기술연구원 미래교통시스템연구실 책임연구원

Tel : 031-460-5725
Fax : 031-460-5036
E-mail : rgjeong@krri.re.kr



김 백 현 (金 伯 鉉)

1994년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업. 1996년 2월 동 대학원 전자공학과 졸업 (석사). 2003년 2월 동 대학원 전자공학과 졸업(박사). 2003년 3월~현재 한국철도기술연구원 미래교통시스템연구실 선임연구원.

Tel : 031-460-5443
Fax : 031-460-5036
E-mail : bhkim@krri.re.kr



강 석 원 (姜 錫 元)

2005년 2월 한양대학교 기계공학부 졸업. 2007년 2월 KAIST 기계항공시스템학부 졸업(석사). 2012년 5월 Texas A&M Univ. College Station 기계공학과 졸업 (박사). 2007년 1월~2008년 7월 르노삼성자동차 사원. 2012년 5월~현재 한국철도기술연구원 미래교통시스템연구실 선임연구원

Tel : 031-460-5673
Fax : 031-460-5036
E-mail : swkang@krri.re.kr



고 영 환 (高 永 煥)

1955년 2월 19일생. 2009년 3월 서울산업대학교 철도전문대학원 철도전기신호공학과(석사). 1983년~서울메트로 궤도신호처장/신사업추진단장. 2014년 7월~현재 부산김해경전철운영(주) 사장

E-mail : khoyw@daum.net