

선로효율 향상을 위한 열차 패턴제어방식의 신호보안시스템 시뮬레이션

A Simulation of the Railway Signal System Using Pattern Control
Technique to Upgrade the Railway Efficiency

강규현*, 김희식**
K. H. Kang, H. S. Kim

Abstract

To upgrade railway traffic density without any change of signal block length between stations on existing railway lines, a new signalling system of train control "the pattern control technique" is suggested. It needs very little change to computerize the cab signal using transponders. A computer simulation system is developed to experiment the new control method. The new signalling system shows much increase of the railway traffic efficiency. The train head-way time by the fixed signalling system and the new pattern control system is analyzed. The pattern control technique shows 35% increasement of train operation under same condition of railway and trains.

Keywords Railway, Head-way, Transponder, Fixed signalling system, Pattern control system

* 철도청 전기국 신호제어과

** 서울시립대학교 전자전기공학부

1. 서론

경부축을 중심으로 유동인구는 계속 증가 추세에 있으나 대량 교통 수송을 담당하고 있는 열차의 운행빈도는 더 이상 승객 수송이 곤란한 최대 운행의 한계상태이다. 이 한계 조건은 기관차나 객차의 수요공급의 문제가 아니라 기술적 제약조건 때문이며, 선로의 조건, 운행열차의 성능, 신호보안장치 등 제약이 그 원인이다. 수송능력 증가를 위하여 고밀도 열차 운행을 통한 선로효율의 향상이 필요하다. 본 논문에서는 차량제원과 선로조건을 변경하지 않고 선행열차와 후속열차간의 운행간격을 조밀하게 운행할 수 있는 새로운 제어방법을 시물레이션 한다.

열차의 운행모델은 기본적으로는 레일 위에 움직이는 가감속체의 선형 운동방정식으로 정의된다. 열차운행속도와 제동성능에 따라 선행열차와 후속열차간의 안전거리를 유지하기 위한 간격 (Braking distance) 이 달라진다. 열차간 간격을 제어하는 방식에 따라 선구를 운행하는 열차횟수 (Traffic Capacity) 즉 운행밀도가 결정된다. 신호보안시스템은 열차운행을 제어하는 시스템으로 본 연구에서는 차량제원과 선로조건을 변경하지 않고 선행열차와 후속열차간의 운행간격을 조밀하게 하여 열차 운행 횟수를 증가하는 즉 선로효율을 향상시킬 수 있는 새로운 열차운행 방법에 대하여 시물레이션 연구를 수행하고자 한다.

철도 신호보안시스템과 열차운행제어 방식의 분석을 통한 새로운 방식을 모델링하여 그 운행효과를 분석한다. 열차운행 빈도의 제약을 주는 요인을 분석하고 선로 용량을 증대시키기 위한 방안 즉 철도 교통 수송력을 강화하기 위한 방법을 연구한다. 차량의 제원, 특성, 운행형태를 고려하여 열차운행 계획표를 자동으로 작성하는 프로그램을 개발하여 효율적인 열차 운행의 기본을 마련한다. 실제 열차 운행통제의 가장 핵심인 신호보안장치의 설비현황을 분석하고 우리 철도에 실현이 가능하면서 안전사고 방지하고 열차 운행간격을 줄일 수 있는 패턴제어 방식의 가능성을 실험하고자 한다.

현황 분석을 위하여 철도청의 열차 시각표와 운전계획표(열차다이아)를 분석하여 열차운용 실태를 파악하였다. <표 1>에서와 같이 운전시격에 영향을 미치는 요소인 신호시스템의 내용과 기존의 선로용량의 제한 요소를 분석하였다. 이러한 자료를 기본으로 열차운행 횟수를 증대시킬 수 있는 차량제어 방안이 연구의 목표이다.

본 연구에서는 신호시스템의 가상적인 모델을 설정하여 현재의 시스템으로 열차를 운행하였을 때와 임의로 선정한 가상적인 모델의 신호시스템을 적용하였을 때의 변화를 이론적인 계산에 의한 방법과 실제 프로그램화하여 열차운전계획표를(Train Diagram)을 그래픽으로 출력시켜 그 변화 정도를 분석한다.

실험 대상구간은 경부선 운행구간인 수원 ~ 대전 구간을 선정하였으며 이 구간은 유동인구와 열차운행 빈도가 가장 높은 곳으로 지하철과는 달리 속도가

<표 1> 고밀도 운전을 위한 신호보안장치 개선방향

구 분	고정폐색신호기 방식	Transponder를 이용한 신호방식으로 개선
운행방식	지상신호	지상/차상신호 겸용
운행밀도	저 밀 도	고 밀 도
신호확인	기관사의 육안에 의함	차상의 지시속도 표시
신호전송	열차간격에 따라 신호기 등의 색깔 변화	지상의 Transponder를 이용하여 열차에 자동 전송
적용현황	국내 사용중	유럽일부국가에서 사용

서로 다르고 정차역이 열차별로 서로 달라 운전시격의 단축을 통한 선로용량의 증대효과를 실험하기 위한 시뮬레이션 시스템을 독자적으로 개발하여 사용한다.

간에 대하여 대상구간으로 분석하였다. 열차종별 운행속도, 시간 및 각 역 정차 소요 시, 분, 정차역수를 철도청 운전시각표('96. 10) 와 열차 운행표를 기초로 계산하였다.

2. 열차운행의 운전이론

2.2 철도신호 현황

2.1 열차운행 현황

경부선 서울~대전간을 표본화하여 열차운행 현황을 분석하였다. 이 구간은 열차운행빈도가 가장 높고 경부선을 경유하는 호남, 전라, 장항선의 모든 열차가 운행하는 구간으로서 현재 선로용량은 포화상태이다. <표 2>는 서울역에서 출발한 열차의 운행횟수를 보여주고 있다. 모든 열차는 수원역과 천안역을 경유하고 장항선 운행열차는 천안역에서 분기, 조치원~대전 역간에는 충북선을 경유하는 열차가 증가되어 운행된다.

철도신호의 종류는 국철구간에서는 지상신호방식으로 선구간에 따라 현시 방식을 3현시, 4현시, 5현시를 사용하고 있다. 국철구간의 지하철인 과천, 분당, 일산선과 지하철 3, 4호선은 ATC 차상신호방식을 사용하고 있다. <표4>에서는 지상 신호현시방법 3 종류에 대하여 신호에 따른 속도단계를 보여주고 있다.

<표 3>에서는 열차등급 종류별 운행현황을 분석한 자료이며 서울~대전간에 31개 역 166.8 km 구

열차운행 시뮬레이션에서 사용한 조건은 <표 5>에서 ATC (automatic train control) 구간에서 조건들을 보여주고 있다.

<표 2> 경부선 수원 ~ 대전간 열차운행 횟수

구 간	선로용량	여 객					화 물			합계
		새마을	무궁화	통일호	비둘기	소계	소화물	화물	소계	
수원~천안 52.7Km	138	32	48	24	2	106	4	28	32	138
천안~조치원 21.9Km	134	30	42	19	2	93	4	34	38	131
조치원~대전 58.9Km	138	30	44	21	2	97	4	33	37	134

<표 3> 서울 ~ 대전간 열차운행 현황

구 분	최고속도 (Km/h)	평균속도 (Km/h)	소요시분			정차역수
			운행시분	정차시분	계	
새마을	150	104	96	1	97	1
무궁화	150	99	101	4	105	4
통일호	150	90	111	6	117	6
비둘기	105	51	176	26.5	202	21
화 물	105	57	197	0	197	통과

<표 4> 지상신호현시의 종류 및 제한속도

현시별	현시의 종류	속도단계(Km/h)	적용선구
3현시	R,Y,G	정지, 45, Free	단선구간
4현시	R,R1,Y,YG,G	정지, 정지, 45, 65, Free	전동차구간
	R,YY,Y,G	정지, 25, 45, Free	지하철구간
5현시	R,YY,Y,YG,G	정지, 25, 65, 105, Free	경부선(복선)

<표 5> ATC구간의 속도단계 및 제한속도표

속도단계 (Km/h)	속도코드 (Hz)	비 고
정 지	0	일단정지후 15(Km/h)이하 서행
25	5.0	주행시사용
40	6.6	"
60	8.6	"
70	10.8	"
80	13.6	"
Yard(25)	3.2	차량기지에서 사용
Yard Cancel(0)	16.8	기지에서 본선출고시

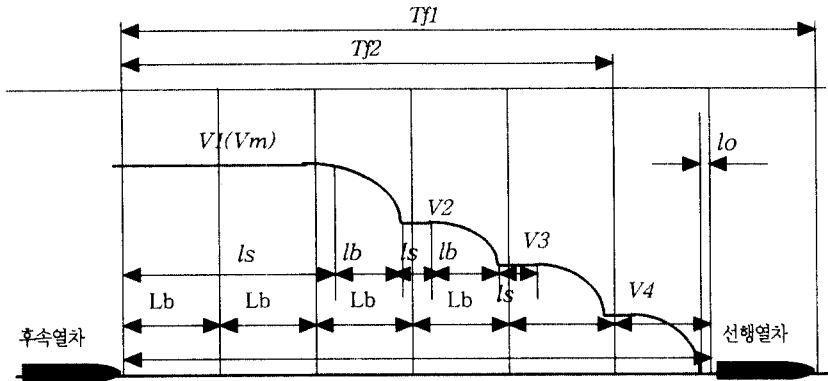
2.3 폐색방식에 따른 열차운전

폐색(Blocking of Railway)이란 한 선로 상에서 선행하는 열차와 후속하는 열차의 충돌사고를 방지하기 위한 것이다. 즉 선행열차의 운행위치에 따라 레일의 일정구간을 배타적으로 제한시켜 후속열차의 진입을 금지하거나 속도제한 등의 안전신호 장치를 뜻한다. 폐색방식에는 고정폐색과 이동폐색이 있다. 고정폐색방식은 신호장치가 지상레일에 수백 미터 간격으로 일정 구간마다 설치되어 신호등으로 표시되고 있다. 이동폐색은 매우 현대화된 방법으로 각 기관차에서 선행 열차의 현재 위치와 속도에 대한 데이터를 계속 통신으로 받아서 충돌 사고가 발생되지 않도록 운행 차상에서 컴퓨터가 자동으로 열차의 행을 제어하는 방식이다.

2.3.1 고정폐색구간의 운전시격

고정폐색 구간에서는 열차검지를 위한 궤도회로 즉 폐색구간 길이와 속도변화단계 등이 운전시격에 영향을 미치게 된다.

신호 현시에 따른 속도단계 상수를 k, 폐색구간 길이를 Lb로 할 때 단계별 속도 Vi (i=1~k)는 다음과 같은 식으로 유도할 수 있다.



<그림 1> 5현시 고정폐색구간의 시격 모델링

$$Lb = \frac{Vm^2}{2\beta \times k} + lo + Vm \times tc \quad (1)$$

$$Vi = Vm \left(\frac{1-(i-1)}{k} \right)^{1/2} \quad (2)$$

- Lb : 폐색구간길이(m),
- Vm : 최고속도(km/h)
- β : 감속도(k/h/s),
- lo : 열차의 앞부분(前部)과 폐색구간 경계까지의 여유거리(m)
- tc : 제동지연시간(sec),
- Vi : V1, V2, V3, V4 단계별 속도(km/h)
- i : 속도단계(1 ~ k),
- k : 현시단계 (3, 4, 5현시)

위 식 (1) 과 (2)를 이용하여 최고속도와 현시단

계 및 속도단계를 정하게 되면 폐색신호기의 설치간격을 설정할 수 있다.

열차의 제동거리는 차량의 주행속도와 제동력에 따라 달라지게 되므로 폐색구간을 설계시에는 그 선구를 운행하는 열차 중 제동거리가 가장 긴 열차를 기준으로 한다. 열차의 감속도를 1.75 km/h/s라고 가정하면 운행열차의 속도에 따라 <표 6> 와 같이 폐색구간 길이를 산출할 수 있다.

현시 단계별 속도 Vi로 주행하는 두 개 열차의 역간 운전시격 Tf1 (전체운전시격) 과 Tf2 (최소안전운전시격) 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$Tf1 = \frac{(k-i+2)Lb + lc}{Vi} \quad (3)$$

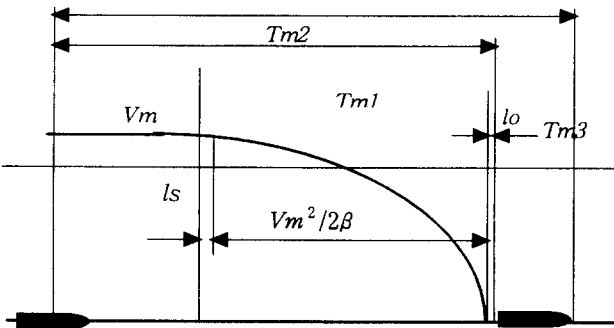
$$Tf2 = \frac{(k-i)Lb}{Vi} \quad (4)$$

<표 6> 속도, 현시별 폐색구간길이

구분 최고속도 (km/h)	폐색구간 길이 (m)		
	3현시	4현시	5현시
70	238	206	186
80	286	244	218
100	398	332	292
130	605	494	427
150	770	621	532
200	1,275	1,010	852

2.3.2 이동폐색에서 운전시격

기존의 궤도회로에 의한 열차운행에 대한 신호 전달 방법 외에 G.P.S (Global Positioning System) 또는 C.B.S (Communication Based System) 등 첨단기술을 이용하여 실시간으로 열차 위치를 감지하므로써 선형열차의 운행정보를 후속열차에게 전송하여 운전시격을 최소화 할 수 있는 신호방식이 선진국에서는 연구되고 있다.



<그림 2> 이동폐색구간 모델링

고정폐색방식과 이동폐색방식을 비교하여 Modeling 하고 이론적인 수식을 적용하여 운전시격을 비교하였다. <그림2> 에서와 같이 이동폐색 운전조건의 모델링이 가능하다. 임의의 열차에 대하여 상대위치 방식을 이용하여 역간, 통과, 역 정차시의 운전시격을 각각 $Tm1$, $Tm2$, $Tm3$ 라고 할 때 각각의 시격은 다음 수식과 같다.

$$Tm1 = \frac{V}{2\beta} + \frac{lo + lc}{V} + tc + tt \quad (5)$$

$$Tm2 = \frac{V}{2\beta} + tc + tt \quad (6)$$

$$Tm3 = \frac{V}{\beta} + tc + tt + Td \quad (7)$$

동일한 열차의 차량제원을 고려하여 고정폐색과 이동폐색 방식에서 각각 운전시격을 계산한 결과는 다음 <표 7>과 같다.

3. 열차운행 시물레이션 실험

3.1 신호보안시스템 모델링

열차 운행 시물레이션에서 보면 고정폐색 지상 신호방식은 이동폐색 차상신호방식에 비해 역간 운전시격이 길어져 선로효율이 저하됨을 알 수 있다. 선진국의 예를 보면 일본의 지하철에서는 선로용량을 증대시키기 위하여 우리 철도와 같은 방식인 고정폐색 지상신호방식을 개선하여 선형열차의 운행 위치를 자동 감지하여 후속열차에 전송하는 일종의 페턴 제어방식으로 열차 운전시격을 줄여 선로용량을 증대시킨 실용화 예가 있다. 이러한 예를 참고하여, 우리나라 신호방식에 적용 가능한 가상적인 열차신호 Model을 설계하였다.

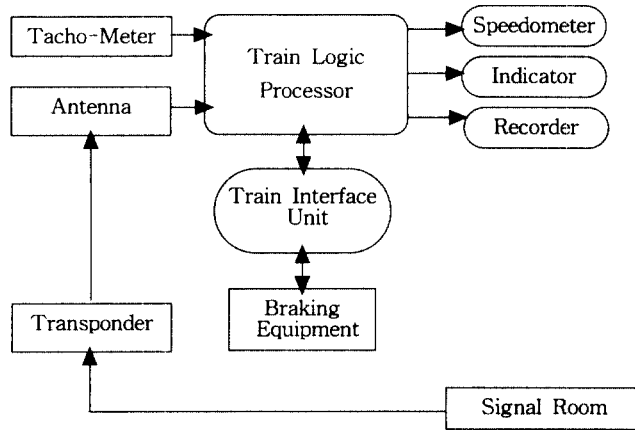
<표 7> 폐색방식에 따른 운전시격 비교

구 분 운행속도 (km/h)	운 전 시 격 (sec)					
	고정폐색식(3현시)			이동폐색식		
	$Tf1$	$Tf2$	$Tf3$	$Tm1$	$Tm2$	$Tm3$
150	83	37	153	49	48	131
130	78	34	148	43	42	119
100	89	36	159	35	34	102
70	68	24	138	27	25	85

3.2 패턴 제어방식의 신호보안 시스템

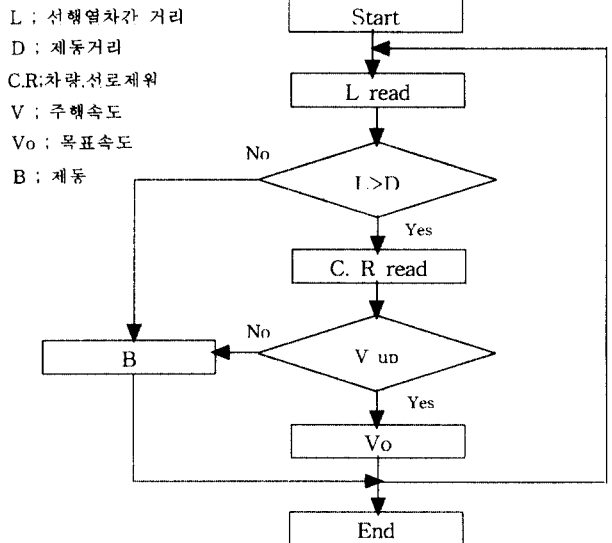
현재 우리 철도의 폐색분할 장치는 고정폐색 운전방식이며 궤도회로에 의하여 구간내의 선형열차의 유무만을 감지하여 후속열차에게 전송하여 열차 운전제어에 활용하고 있다. 이동폐색 운전방식은 레일상에 새로운 감지 및 통신설비가 매우 많이 설치되어야 하고 컴퓨터화된 열차운전의 자동화가 필요하므로 아직은 연구단계라고 할 수 있다.

패턴 제어에서 운행 차량의 정보의 흐름은 다음과 같다. Transponder에 의하여 차량으로 보내진 지상정보는 열차논리처리기 (Train Logic Processor)에서 열차의 현재속도와 비교하여 차량이 계속 주행할 것인지 제동을 체결할 것인지를 판단한다. 계속 주행이 계산되면 차상의 표시판에 주행목표속도를 표시하고 그와 반대로 제동이 판단되면 열차 인터페이스 장치 (Train Interface Unit)를 통하여 계산된 감속 목표치를 제동하게 된다.



<그림 3> 패턴 제어 시스템 구조

본 연구의 패턴 제어방식에서는 폐색분할 장치는 그대로 사용하고 열차제어에 필요한 속력과 거리에 대한 디지털 데이터를 transponder를 이용하여 송수신하고 컴퓨터 프로그램을 이용하여 열차를 제어하는 기술이 그 핵심이다. 패턴 제어방식의 기계적 시스템 구조는 지상장치와 차상장치로 나누어지며 아래의 <그림 3>과 같다. 지상 장치에는 신호를 처리하는 Signal room 및 신호 발신기 Transponder가 레일 아래 설치된다. 차상 장치에는 데이터를 처리하는 Train Logic Processor와 그 주변의 I/O 장치들과 지상신호를 수신하는 Antenna로 구성된다. 즉 한 선로 상에서 선형 차량의 속도변화 및 위치 데이터에 따라서 후속 열차는 가감속과 안전 운행에 필요한 차간거리 유지 등이 자동 제어된다.



<그림 4> 패턴 제어시스템 신호처리 흐름도

현행의 고정폐색식 공간분할 방식에서 패턴 제어방식으로 신호제어방식을 변경한다면, 최소 운전 시격은 신호현시 단계별 속도제어 방식에 비하여 시격은 줄어들게 된다. 그 이유는 선행열차가 점유한 궤도에서부터 후속열차와의 제동거리만을 확보하고 운행하므로 기존의 고정폐색 방식보다 고밀도 열차 운행이 가능하기 때문이다. 모든 열차 신호제어방식의 최고 핵심 조건은 추돌 및 충돌 사고의 안정성은 절대적으로 확보하는 것이다. 앞 구간 상의 열차의 속도 데이터를 열차 제어에 추가로 고려한 것이다. 일본 등 국가에서는 부분 노선에서 안전사고 없이 패턴제어방식으로 운행 중에 있다.

3.3. 열차운행 시뮬레이션 설계조건

본 시뮬레이션 알고리즘을 개발하기 위하여 규정한 기본적인 설계조건과 주요한 운행사양은 다음과 같다.

- (1) 열차종류, 정차역, 정차시간, 출발역, 종착역과 같은 열차별 속성을 테이블화 하고 현재 열차시각표에 따라 열차를 배치한다. 새로운 열차가 도입되어 그 종류가 변경되어도 열차 특성 데이터를 입력하면 시뮬레이션이 가능하다.
- (2) 출발역과 도착역간의 열차다이어agram을 작성한다.
- (3) 출발역과 도착역 사이에서 교차가 발생 시 대피, 또는 통과를 결정하였다. 예를 들어, 선행 열차가 현재열차보다 저 등급 열차일 때는 대피토록 한다.
- (4) 현재열차를 모두 배치하여 다이어agram을 작성한 후 선로용량의 변화를 알아보기 위해 임의 열차를 임의시각에 출발시킨다.
- (5) 역정차시간은 새마을30초, 무궁화60초, 통일호60초를 기준으로 한다.
- (6) 임의 열차의 출발시각에 대하여 출발역과 도착역 사이에서 교차되는 부분이 발생 시 후속열차의 출발시각을 조정한다.
- (7) 열차의 교차가 발생하지 않을 때는 열차종별에

따른 운전시격을 적용하여 후속열차의 출발시각을 정한다.

- (8) 임의열차에 대한 최초 후속열차가 원래의 출발시각보다 지연된 만큼 다이어agram 상에서 우측에 배치된 열차다이어agram을 Shift한다.
- (9) 최종열차의 도착시간이 00:00이후가 되는 열차는 삭제한다.
- (10) 새마을, 무궁화, 통일호와 같은 열차등급별 임의시간대에 출발시켜 선로용량이 포화될 때까지 반복 처리한다.

3.4 시뮬레이션 시스템 구성

본 시뮬레이션에 사용된 컴퓨터 시스템과 알고리즘 개발 및 그래픽 구현에 사용한 언어는 다음과 같다.

<표 8> 시뮬레이션 시스템 사양

H/W	IBM Compatible Pentium 120
OS	Windows 95
Programming Tool	Delphi 2.0 (RAD Tool, Boland사 제작)
Language	Pascal : (Source Program 314KByte, 560 Step)

4. 실험 결과

4.1 시뮬레이션 실험결과

열차운행시간은 수원역 출발시각 기준으로 05:30~24:00로 하고 편도열차에 대하여 실험하였다. 현재 열차운행횟수는 새마을 32회, 무궁화48회, 통일호 24회, 비둘기호 2회로서 이를 최적상태로 재배치한 결과 시간(X)축으로 8시간 03분의 시간 여유가 얻어졌다. 열차군은 최초열차가 무궁화, 그 다음 열차를 새마을, 통일호 순으로 운행하였을 경우 총 96편의 열차 추가운행이 가능하였다.

<표 9> 열차운행횟수의 변화

열차종별	운행횟수			비율(%)
	현재	개량시	증가	
계	106	200	96	91
새마을	32	64	32	100
무궁화	48	96	48	100
통일호	24	40	16	67
비둘기	2	-	0	0

화물열차는 야간운행(00:00 ~ 05:30)을 전제로 하였으므로 선로용량에 영향을 미치지 않는 것으로 하였으며, 여객열차인 새마을, 무궁화, 통일호 열차는 출발역과 도착역간의 운행시분을 현재 열차시각표를 사용하였고 비둘기와 같은 저속열차는 3회 이상의 대피가 발생하지 않도록 하였으며, 대전역에서 부산역까지는 선로용량에 어느 정도의 여유가 있으므로 시뮬레이션에서는 대전역 이후에서의 대피는 고려하지 않았다. 또한 선구의 선로용량은 시간대별 여객수요의 예측에 의한 열차의 운행 방법에 따라 변화되므로 실제 용량증가는 시뮬레이션 결과와 차이가 있을 수 있다.

4.2 패턴 제어방식에서 각 조건별 최소 운전시격

설정된 시뮬레이션 조건에 따라 패턴 제어방식으로 열차운행을 실험하였다. <표 8>에서는 대피시의 주행거리와 대피 소요시간을 <표 9>에서는 운전시격 영향을 보여 준다. 철도용어로 “대피”는 하급열차가 중간 역에서 상급 열차를 먼저 보낸 후에 출발하기 위하여 역에서 옆 선로로 피하여 기다리는 과정을 말한다.

아래 <표 10>은 패턴 제어방식으로 시뮬레이션 운행실험에서 선행열차가 상급열차로서 역 정차시 열차 운전시격을 보여준다.

아래 <표 11>은 패턴 제어방식으로 시뮬레이션 운행실험에서 선행열차가 상급열차로서 역 통과시 열차 운전시격을 보여준다.

<표 11>에서는 우리 철도 현행의 고정폐색 운전방식과 패턴 제어방식으로 시뮬레이션 운행실험한 비교 결과의 최소 운전시격 계산 결과를 보여 준다. 패턴 제어방식이 현행의 고정폐색 운전에 비하여 각 경우에 평균 35% 향상된 고밀도 운전이 될 수 있음을 보여 주고 있다.

<표 10> 대피시 주행거리 및 대피시간

구 분	주행 속도 (a)	주행 거리 (b)	주행속도로 주행		주행속도에서 45km/h감속운행		시간계
			거리 (c=b-e)	시간(d)	거리(e)	시간(f)	
통일호 이상	130 km/h	1,860m	490m	14초	1,370m	56초	70초
비둘기	80 km/h	1,860m	942m	42초	918m	53초	95초

<표 11> 대피에 요하는 운전시격 (단위 : sec)

구 분	case 1 비둘기-통일호	case 2 통일호-통일호	case 3 통일호-비둘기	case 4 비둘기-비둘기
t11	18	18	18	18
t12	53	56	56	53
t13	126	126	126	126
t14	18	18	18	18
t15	67	109	67	109
T1	282	327	285	324

<표 12> 선행열차 정차시의 운전시격 (단위 : sec)

구 분	case 1 비둘기-통일호	case 2 통일호-통일호	case 3 통일호-비둘기	case 4 비둘기-비둘기
t21	91	70	70	77
t22	67	109	67	109
t23	3	3	3	3
t24	2	2	2	2
T2	163	184	142	191

<표 13> 운전시격 비교표 (단위 : sec)

구분	case 1 비둘기-통일호		case 2 통일호-통일호		case 3 통일호-비둘기		case 4 비둘기-비둘기	
	현행 시스템	Pattern 제어	현행 시스템	Pattern 제어	현행 시스템	Pattern 제어	현행 시스템	Pattern 제어
T1	476	282	494	327	415	285	555	324
T2	204	168	250	184	183	142	257	191
T3	130	89	191	125	124	83	197	131

<표 14> 선행열차 통과시의 운전시격 (단위 : sec)

구 분	case 1 비둘기-통일호	case 2 통일호-통일호	case 3 통일호-비둘기	case 4 비둘기-비둘기
t31	17	11	11	17
t32	67	109	67	109
t33	3	3	3	3
t34	2	2	2	2
T3	89	125	83	131

※T1 : 대피시, T2 : 선행열차 정차시, T3 : 선행열차 통과시의 최소운전시격(sec)

현재의 신호시스템 방식과 패턴 제어방식에 의한 운전시격 비교결과 시격 단축효과는 운행 형태에 따라 41 ~ 231초 단축된다.

4.3 신호 전송기술에 따른 실용성 분석

운행중인 열차 사이 또는 중앙제어실과의 통신에는 기존의 신호보안 시스템과 새로운 통신시스템을 적용하는 방법이 있다. GPS (Global Positioning System) 또는 CBS (Community Base Station) 수신장치와 컴퓨터시설을 기관차에 설치하여 열차제어에 활용하고자 하는 연구도 진행되고 있다. 아직 GPS 기술의 정확성과 열차의 안전운행에 현실성이

부족하여 연구단계에 있다. 터널 속이나 지형에 따른 전과장해 문제도 해결되어야 한다. GPS 정밀도 기술이 향상되고 휴대전화 시스템과 같이 연결하여 철도 중앙제어실과 데이터 통신이 되면 실용이 가능할 것이다. 이 기술은 미래의 열차운행 신호제어 방식으로 예견되고 있다. 그러나 현재의 기술발전수준과 저렴한 시설비 투자 등의 장단점을 비교하면 패턴제어 방식이 현실적으로 우리 철도에 가장 실용 가능한 방식이다.

5. 결론

동일한 조건에서 선구의 선로용량을 늘여 고밀도 열차운전을 하기 위한 방법으로 신호시스템을 패턴 제어방식으로 변경하여 기존선구인 경부선 수원~대전간을 모델링 하여 본 결과 운전시격의 단축은 이론적인 도상분석 결과 41 ~ 231초가 단축됨을 알 수 있었으며 운전시격 단축으로 인한 열차운행 횟수는 약 35 % 증가됨을 알 수 있었다. 이와 같이 본 방식은 선로의 증가나 새로운 열차종류의 투입 없이 간단한 시스템의 추가로 기존보다 35%정도의 열차를 더 운행시킬 수 있으므로, 우리 철도청 실정에 적용이 가능하다. 또한 현재의 경부선 열차 운행에 큰 시설변화 없이 레일, 신호보안시설, 폐색 시설 등을 그대로 이용하면서 선로효율을 증가시킬 수 있으며 또한 철도승객이 주말이나 연휴 등에 몰리어 기차표 구입이 곤란한 현실정을 상당히 해소시킬 수 있다.

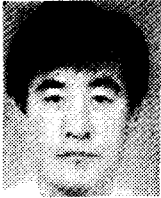
시뮬레이션 시스템은 신호시스템, 선로제원, 열차속도의 변경등 열차운행환경 변화에 대하여 선로용량을 계산과 함께 실제 열차 운행계획표를 그림으로 표시하여 총 열차 투입가능 횟수를 쉽게 알아볼 수 있게 하였다. 앞으로 계속적인 보안을 통해 임시 열차의 투입, 상행열차의 지연이 발생할 경우에도 다른 열차의 지연이 발생하지 않도록 탄력적으로 실제 열차운행 제어에 활용할 수 있는 프로그램으로의 보안을 계획하고 있다.

우리 철도에 증대되고 있는 열차운행 수요를 고려하여 저렴한 설비로 고밀도 운전이 가능한 패턴 제어방식의 실제 적용 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 철도청, 열차운행계획표, 1996.
- [2] 平尾裕司, 高密度運轉の技術, 電氣情報關聯學會 技術, 1990. 2-57 ~ 64
- [3] 철도청, 선로용량 산정, 1991, pp17 ~ 26
- [4] 김의일, 운전이론, 정문사, 1990, pp138 ~ 142
- [5] 철도청, 관구표, 대전지방철도청, 1997
- [6] 大澤 建, 鐵道と電氣技術, ばそこんによる運轉曲線作成しすてむ, 1996, pp17 ~ 20
- [7] 강규현, 김희식: 열차의 고밀도운전을 위한 신호보안 시스템에 관한 연구", '97년도 한국자동제어학술회의 (KACC), 자동제어시스템공학회 외 5개 학회 주최, 서울 한전연수원, 1997. October 17~18, pp.163~167
- [8] 강규현, "열차의 고밀도 운전을 위한 신호보안 시스템에 관한 연구", 서울시립대학교 산업대학원 석사학위논문, 1997
- [9] 정동윤, 김희식: "지하철 운전시격 단축을 위한 이동폐색 시뮬레이션", 한국시뮬레이션학회 논문지Vol.6. No.2, 1997년12월, pp.59-69

● 저자소개 ●



강규현

1994년 한국 방송 통신 대학교 졸업
 1997년 서울시립대학교 산업대학원 공학 석사
 1983-1990년 철도청 서울제어사무소
 1991-1993년 철도기술 연구원
 1992-현재 철도청 전기국 신호제어과



김희식

1977년 서울 대학교 기계설계학과 학사
 1979년 한국 과학원 생산공학과 석사
 1987년 독일 Stuttgart 대학교 공학 박사
 1987-1989년 한국 과학 기술원 선임 연구원
 1989년-현재 서울시립대학교 제어계측공학과 부교수