

KR S-02010

Rev.4, 5. December 2012

신호방식

2012. 12. 5



한국철도시설공단

[illegible]

목 차

1. 용어의 정의	1
2. 신호기의 정위	1
3. 신호방식	2
3.1 지상신호 방식	2
3.2 차내신호 방식	2
4. 신호현시 체계(지상)	2
4.1 장내, 출발, 폐색, 엄호 신호기	2
4.2 유도, 중계 신호기	3
 해설 1. 신호기의 모양, 치수 및 등색	4
1. 장내, 출발, 폐색, 엄호 및 원방 신호기	4
2. 유도신호기	5
3. 중계신호기	5
4. 입환신호기(입환표지) 및 수신호등	5
5. 입환신호중계기	6
해설 2. 신호 현시방식	7
1. 신호 현시방식	7
2. 신호현시 체계	8
해설 3. 현시방식별 신호현시 체계	10
1. 3현시 구간	10
2. 4현시 구간	11
2.1 본선	11
2.2 부분선	12
3. 5현시 구간	13
3.1 본선	13
3.2 부분선	14
4. 운행선을 변경하는 경우 신호체계	15
4.1 2복선 이상 선로에서 운행선이 다른 경우	15
4.2 2복선 이상 선로에서 구내 폐색신호기가 설치된 경우	15



5. 신호현시 체계를 변경하는 경우	16
5.1 개요	16
5.2 3현시 → 4현시 → 5현시의 경우	16
6. 신호기의 확인거리가 짧은 경우	16
6.1 신호기의 확인거리	16
해설 4. 지상신호방식	18
1. 개요	18
2. 지상신호방식의 종류	18
2.1 3현시 신호방식	18
2.2 4현시 신호현시 방식	19
2.3 5현시 신호현시 방식	20
3. 지상신호방식의 특징	21
3.1 속도향상에 미치는 영향	21
3.2 안전성과 신뢰성확보에 미치는 영향	21
3.3 수송력 증대에 미치는 영향	22
4. 신호현시방식 비교 분석	22
해설 5. 차내신호방식	24
1. 개요	24
2. 차내신호방식의 속도체계	24
3. 차내신호방식의 종류	24
3.1 ATC 시스템	24
3.2 ATP 차내신호	26
3.3 CATC 시스템	29
3.4 CBTC 시스템	31
RECORD HISTORY	33

1. 용어의 정의

- (1) 열차자동정지장치(ATS : Automatic Train Stop) : 열차가 허용된 신호 이상으로 운전할 경우 자동으로 열차를 정지시키는 장치(속도조사식과 점제어식이 있음)
- (2) 열차자동방호장치(ATP : Automatic Train Protection) : 열차운행에 필요한 각종 정보를 정보전송장치를 통해 차내로 전송하면 차내의 컴퓨터가 열차의 속도를 감시하여 일정 속도 이상 초과하여 운행 시 자동으로 감속, 제어하는 장치
- (3) 열차자동제어장치(ATC : Automatic Train Control) : 열차가 현재 점유하고 있는 궤도 회로로부터 속도정보(ATC신호)를 수신 받아 그 시점에서 그 구간을 주행할 수 있는 최대 지정 속도를 알아내어 열차의 실제 속도가 지정속도보다 빠르면 허용 속도까지 자동적으로 제동이 걸리게 하는 장치
- (4) 신호(Signal) : 열차 또는 차량의 운전조건을 형, 색, 음 등으로 지시
- (5) 신호기 : 폐색구간의 경계지점 및 측선의 시점 등 필요한 곳에 설치하여 열차운행의 가능 여부 등을 지시하는 신호기 및 신호표지 등의 장치
- (6) 등열식신호기(Light Position Signal) : 2 이상의 등을 한 조로 하여 신호를 현시하는 신호기.
- (7) 정지정위신호기(Normal Stop Signal) : 신호기의 취급을 하지 않으면 평상시 정지신호를 현시하는 신호기
- (8) 진행정위신호기(Normal Proceed Signal) : 복선자동폐색 구간의 폐색신호기와 같이, 신호기의 진로에 열차가 없을 때 평상시 진행신호를 현시하는 신호기
- (9) 지상신호방식 : 지상에 설치된 신호기에 의해 열차운행을 지시하는 신호방식
- (10) 차내신호방식 : 차내에 열차운전의 허용신호 속도를 나타내고, 그 지시속도보다 낮은 속도로 열차의 속도를 제한하면서 열차를 운행할 수 있도록 하는 방식

2. 신호기의 정위

- (1) 장내 · 출발 · 엄호, 입환신호기 : 정지신호 현시
- (2) 유도신호기 : 소등
- (3) 원방신호기 : 주의신호 현시
- (4) 폐색신호기
 - ① 복선구간 : 진행신호 현시
 - ② 단선구간 : 정지신호 현시
- (5) 복선 자동폐색 구간의 장내 · 출발신호기
 - ① 주본선에 소속된 것 : 진행신호 현시. 다만, 특별히 지정하거나 폐색방식을 변경하여 대용 폐색방식 또는 전령법을 시행하는 경우에는 정지신호 현시
 - ② 부분선에 대하는 것 : 정지신호 현시



3. 신호방식

3.1 지상신호방식

노선의 열차운영계획에 따라 2현시, 3현시, 4현시, 5현시 방식을 적용하며 항상 열차 자동정지장치(ATS)를 보조설비로 취한다.

3.2 차내신호방식

기존선 구간에서는 지상신호방식에 열차자동방호장치(ATP)를 기본으로 하며, 고속 철도 및 전동차 전용 운행구간에서는 선로 변에서 속도정보 또는 지상설비 조건을 차내에 전달하는 열차자동제어장치(ATC)를 기본으로 한다.

4. 신호현시 체계(지상)

4.1 장내, 출발, 폐색, 엄호, 중계 신호기의 현시체계

표 1. 신호현시 체계

구 분		신호기2	신호기1	작선별	중계	장내	출발	신호기3
배선약도								
열차를 통과시키는 경우	5현시	G	G	직선	G	G	G	G
		YG	Y	분기선	제한	YY	G	G
	4현시	G	YG	직선	제한	Y	R	R0
		G	G		제한	YG	Y	R1
		G	G		G	G	YG	Y
		G	G		G	G	G	YG
		G	YG	분기선	제한	Y	R	R0
		G	YG		제한	Y	Y	R1
		G	YG		제한	Y	YG	Y
		G	YG		제한	Y	G	YG
	3현시	G	G	직선	G	G	G	Y
		G	G	분기선	제한	Y	G	Y
정거장에 정지하는 경우	5현시	YG	Y	직선 분기선	제한	YY	R	-
	4현시	G	YG	직선	제한	Y	R	-
	3현시	G	G	분기선	제한	Y	R	-
정거장에 정지하는 경우(복선자동폐색구간)	5현시	G	G	직선	G	G	G	-
	4현시	G	G	직선	G	G	G	-
장내신호기 바깥쪽에 정지시키는 경우	5현시	Y	YY	직선 분기선	R	R	-	-
	4현시	YG	Y	직선	R	R	-	-
	3현시	G	Y	분기선	R	R	-	-

4.2 유도, 중계 신호기

4.2.1 유도신호기

장내신호기 하위에 설치되어 있으며 장내신호기에 진행을 지시하는 신호를 표시할 수 없는 경우 평상시 소등되어 있고, 취급시 백색등이 좌하향 45도로 표시됨

4.2.2 중계신호기

중계신호기는 신호기 바깥쪽에서 주체의 신호기가 표시하는 신호를 중계함

- (1) 정지중계 : 주체의 신호기에 정지 신호를 표시되었을 경우 백색등열(3등) 수평
- (2) 제한중계 : 주체의 신호기가 경계, 주의, 감속 신호가 표시되었을 경우 백색등열(3등) 좌하향 45도
- (3) 진행중계 : 주체의 신호기가 진행 신호를 표시하였을 경우 백색등열(3등) 수직



해설 1. 신호기의 모양, 치수 및 등색

1. 장내, 출발, 폐색, 엄호 및 원방 신호기

- (1) 신호기 등색은 등황색, 적색, 녹색을 원칙으로 한다.
- (2) 열차진행방향이 같은 두 선로에서 선로별 신호현시 시인성이 용이 하도록 하기 위하여 신호기의 진행 신호등을 주요선로는 녹색으로 하고 기타 선로는 청색으로 구분하여 사용할 수 있다.
- (3) 역방향용 신호기의 진행 신호등은 청색으로 구분하여 사용한다.

① 3(4)현시

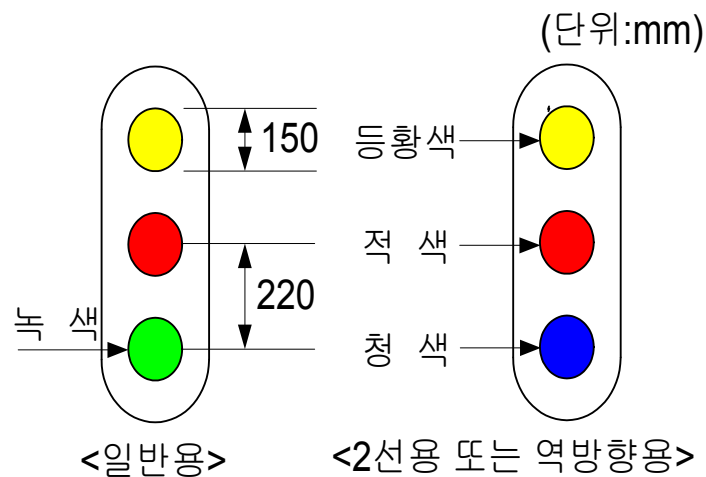


그림 1. 3, 4현시 신호기 형상

② 5현시

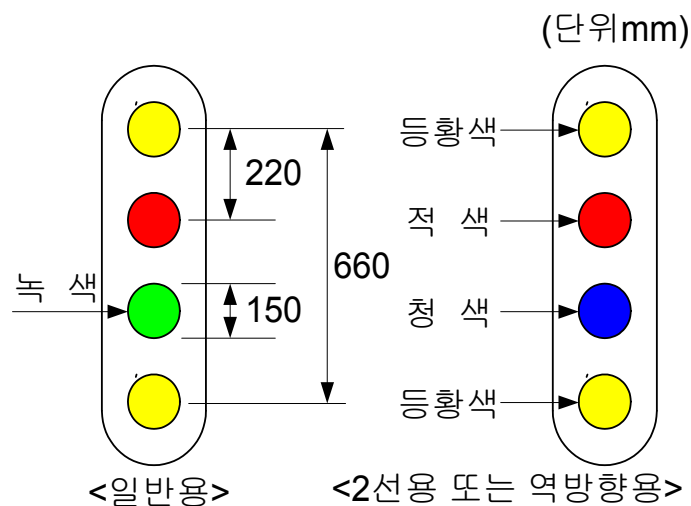


그림 2. 5현시 신호기 형상

2. 유도신호기

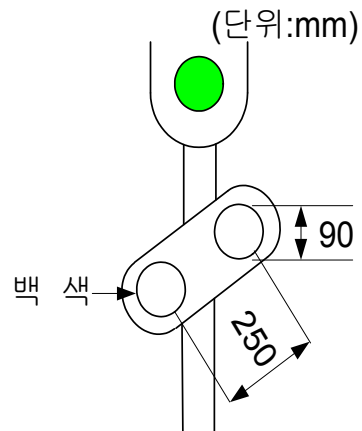
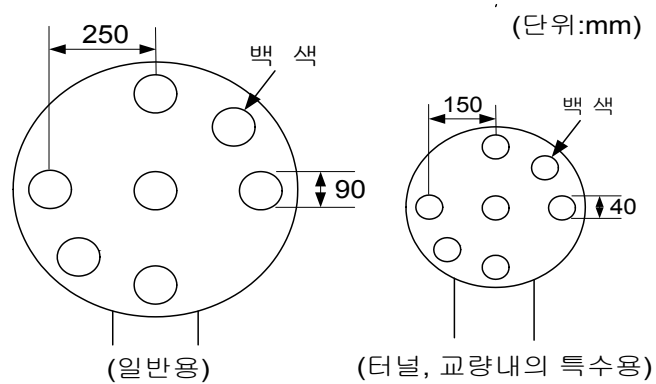


그림 3

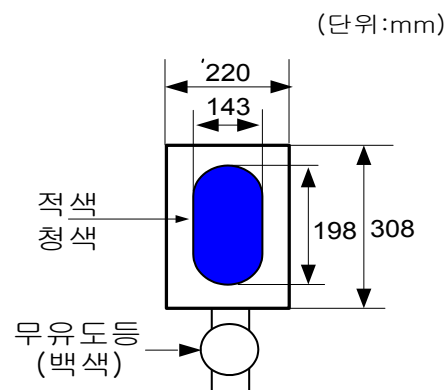
3. 중계신호기



4. 입환신호기(입환표지) 및 수신호등

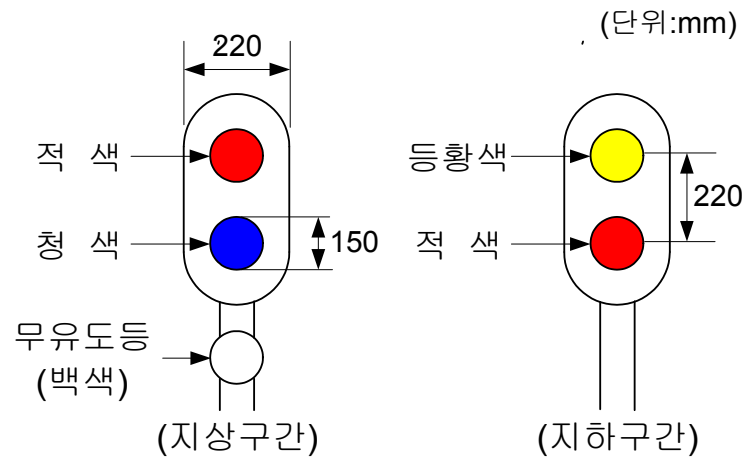
- (1) 입환표지 하위에 무유도등을 설치하여 입환신호기로 사용한다.
- (2) 수신호등은 입환표지와 동일하다.

① 단등형



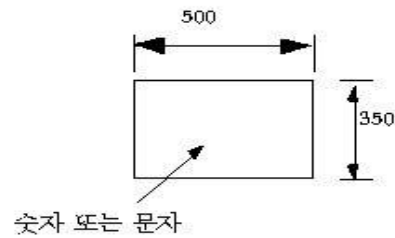


② 다등형

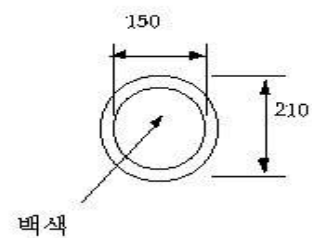


③ 선로표시식

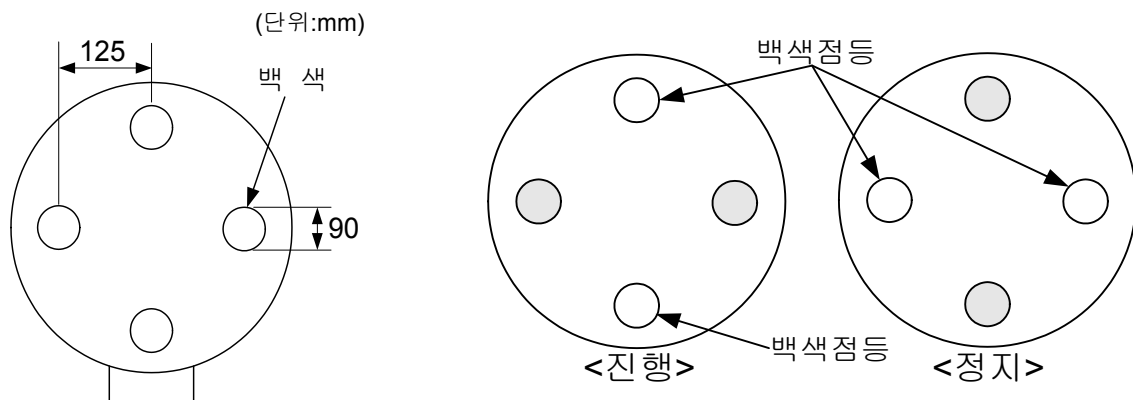
선로별 표시등



선로표시식 입환표지



5. 입환신호중계기



해설 2. 신호 현시방식

1. 신호현시방식

열차의 안전운행을 확보하기 위하여 각 운전상황별과 신호현시체계와 분기기 제한속도 등을 감안하여 일정한 방식을 정하여 운영하고 있다. 자동구간의 각 신호현시별 주 신호기 현시방식은 다음과 같고 세부 사항은 연동도표 작성기준에 따른다.

표 2. 2현시 신호방식



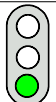
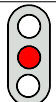
배 선	출발신호기				장내신호기			
								
2현시	G				R			

표 3. 3현시 신호방식




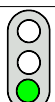
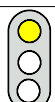
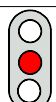
배 선	출발신호기		폐색신호기		장내신호기		
							
3현시	G			Y		R	

표 4. 역구내 4현시 신호방식




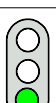
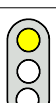
배 선	폐색신호기		폐색신호기		장내신호기	구내폐색신호기	출발신호기	
								
4현시	G		YG		Y		R	

표 5. 폐색구간 4현시 신호방식






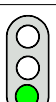
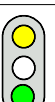


배 선	폐색신호기		폐색신호기		폐색신호기	폐색신호기	폐색신호기	
								
4현시	G		YG		Y		R ₁	



표 6. 5현시 신호방식

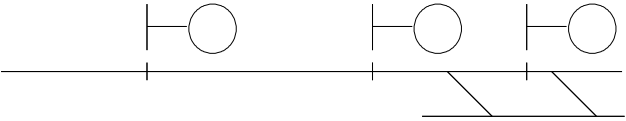
배 선	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 폐색신호기 폐색신호기 폐색신호기 장내신호기 출발신호기 </div>									
5현시	G		YG		Y		YY		R	

2. 신호현시 체계

표 7. 자동구간의 신호현시체계

구 분			신호기1	중계	장내	출발	신호기2
배선약도							
열차를 통과시키는 경우	5현시	본선	G	진행중계	G	G	G
		부분선	Y	제한중계	YY	G	G
	4현시	본선	YG	제한중계	Y	R	R0
			G	제한중계	YG	Y	R1
			G	진행중계	G	YG	Y
			G	진행중계	G	G	YG
		부분선	YG	제한중계	Y	R	R0
			YG	제한중계	Y	Y	R1
			YG	제한중계	Y	YG	Y
			YG	제한중계	Y	G	YG
	3현시	본선	G	진행중계	G	G	Y
		부분선	G	제한중계	Y	G	Y
정거장에 정지하는 경우	5현시	본선 부분선	Y	제한중계	YY	R	-
	4현시	본선	YG	제한중계	Y	R	-
	3현시	부분선	G	제한중계	Y	R	-
정거장에 정지하는 경우(복선자동폐색구간)	5현시	본선	G	진행중계	G	G	-
	4현시	본선	G	진행중계	G	G	-
장내신호기 바깥쪽에 정지시키는 경우	5현시	본선 부분선	YY	정지중계	R	-	-
	4현시	본선	Y	정지중계	R	-	-
	3현시	부분선	Y	정지중계	R	-	-

표 8. 비자동구간의 신호현시체계

구 분	원방신호기		장내신호기	출발신호기
배 선				
열차를 통과시키는 경우	주본선	G	G	G
	부분선	Y	Y	
정거장에 정지하는 경우	주본선	G	Y	R
	부분선	Y	Y	
장내신호기 바깥쪽에 정지시키는 경우	-	Y	R	-



해설 3. 현시방식별 신호현시 체계

1. 3현시 구간

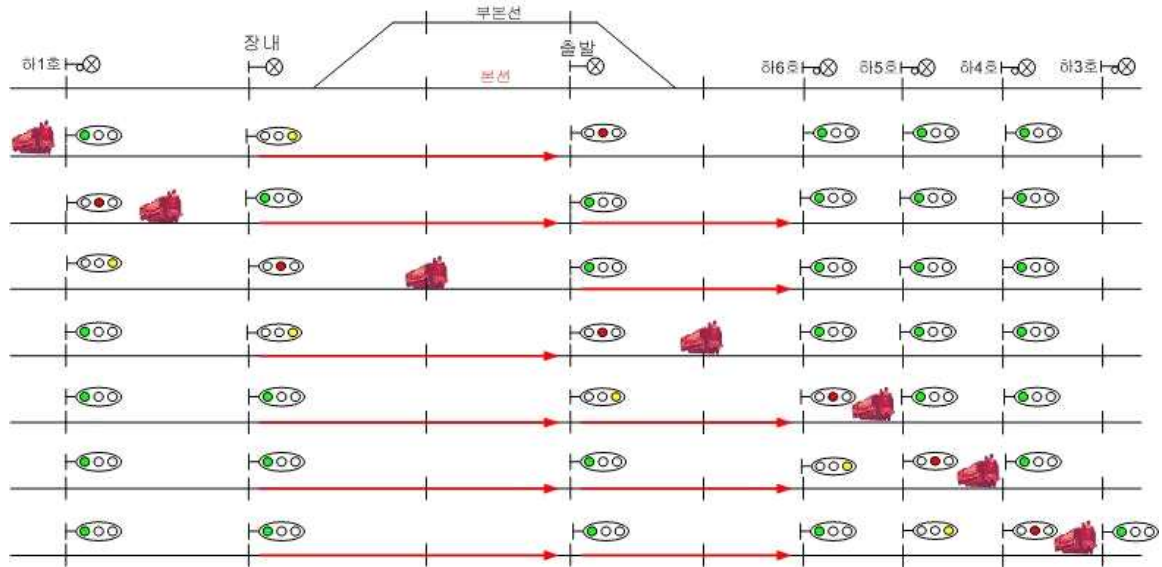


그림 3. 본선구간

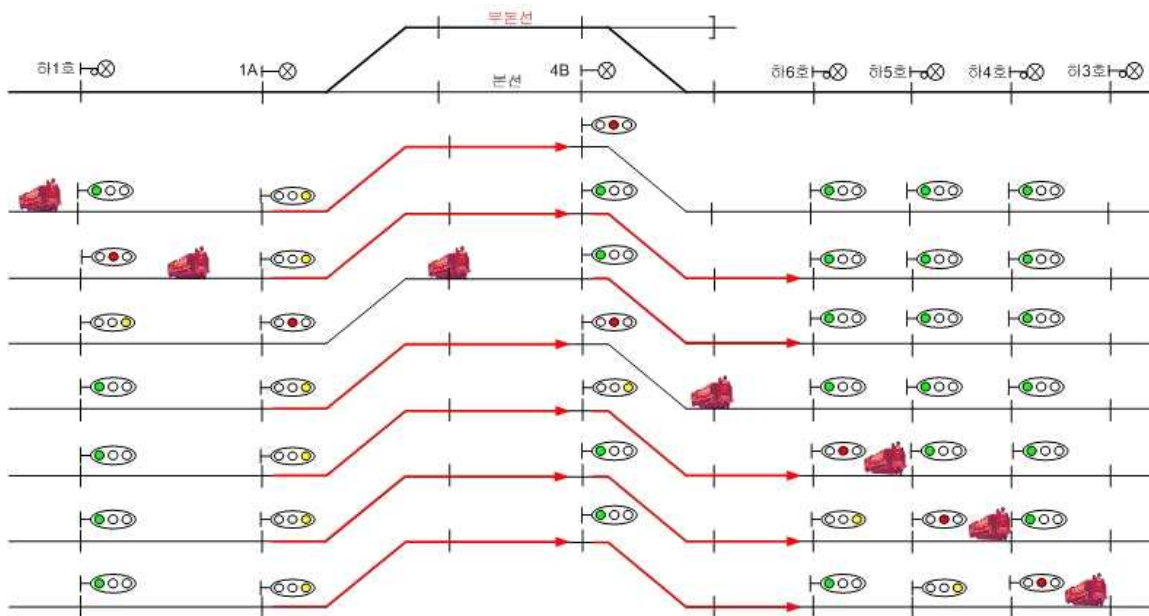


그림 4. 부분선 구간

2. 4현시 구간

2.1 본선

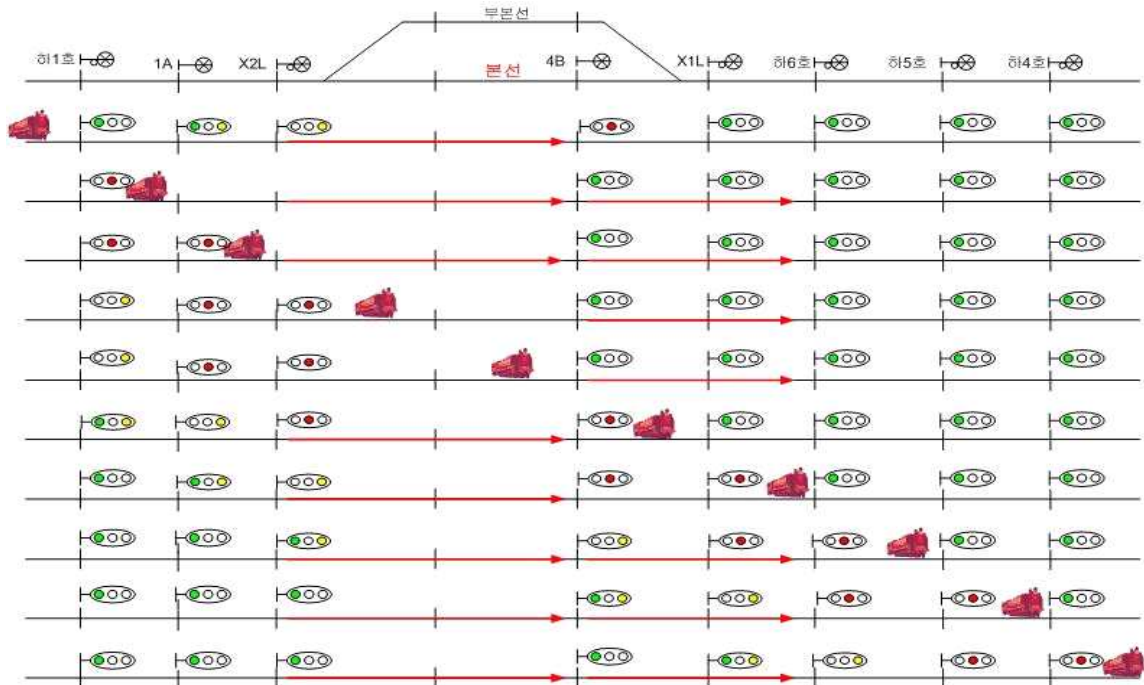


그림 5. 구내폐색이 있는 경우

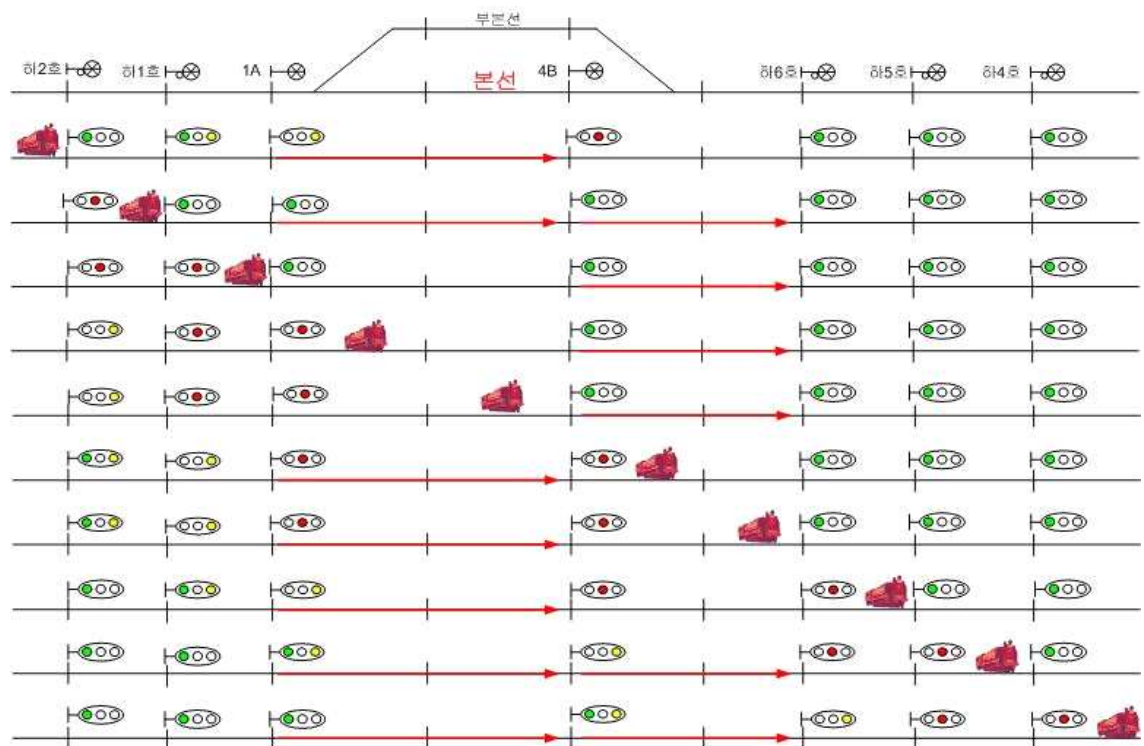


그림 6. 구내폐색이 없는 경우



2.2 부분선

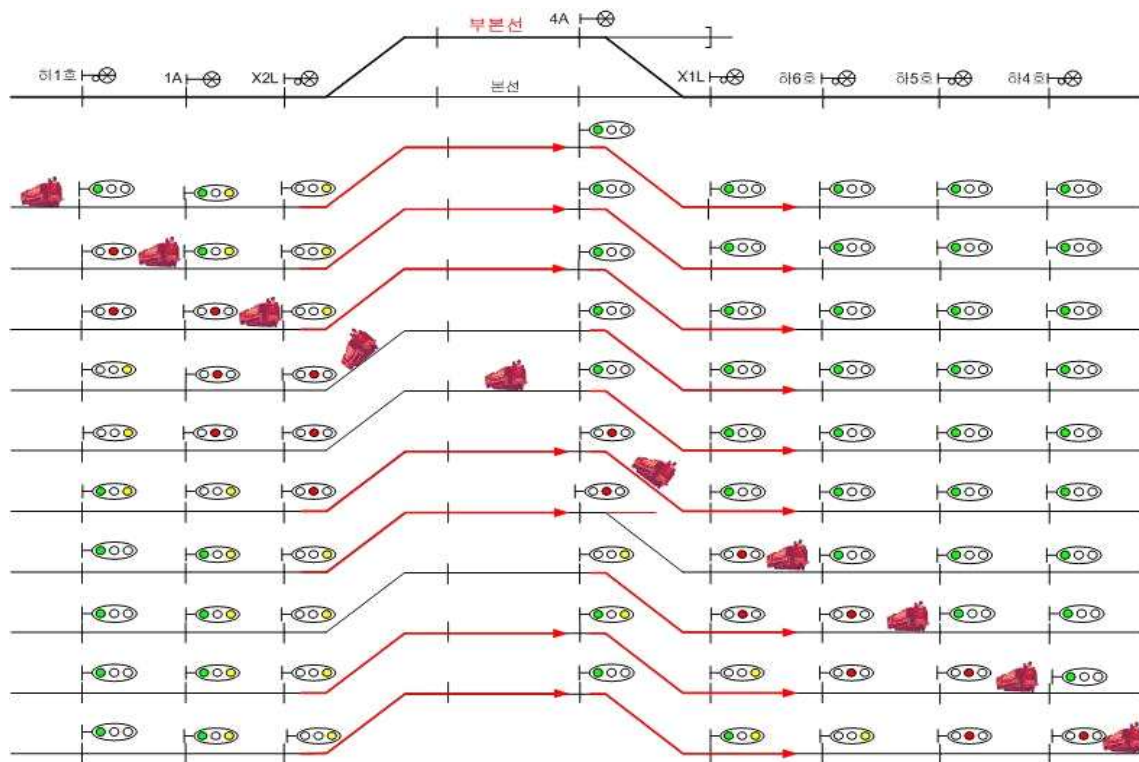


그림 7. 구내폐색이 있는 경우

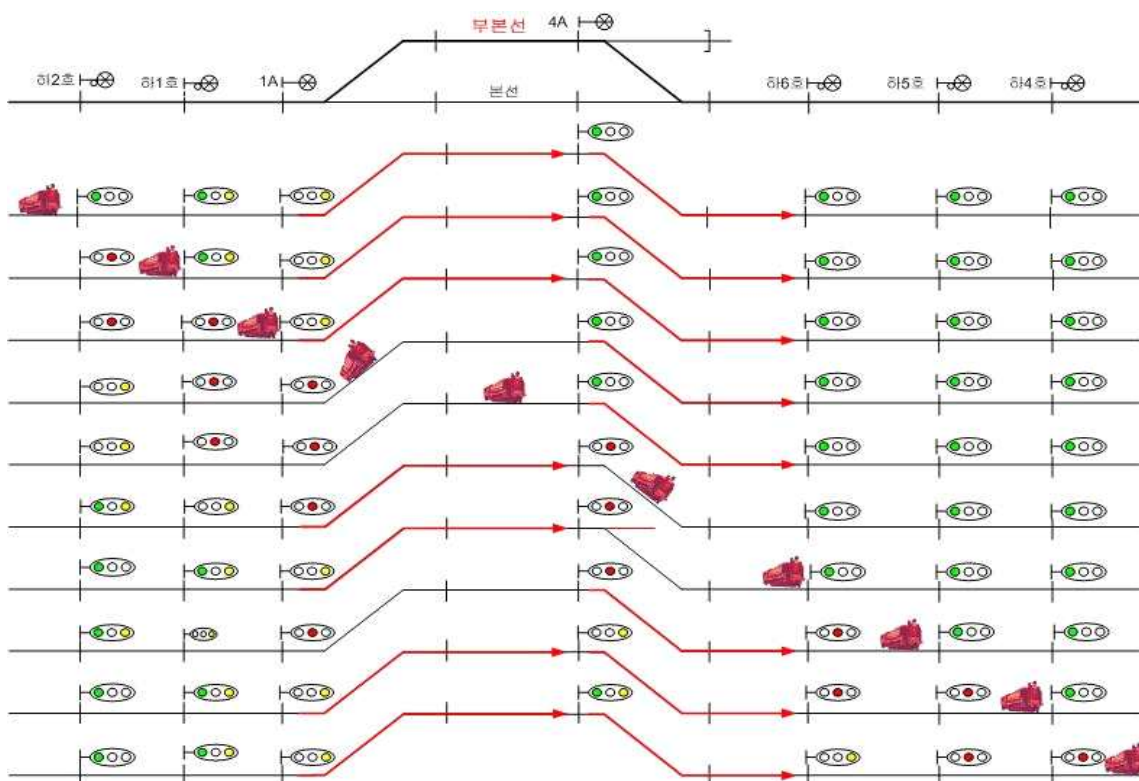


그림 8. 구내폐색이 없는 경우

3. 5현시 구간

3.1 본선

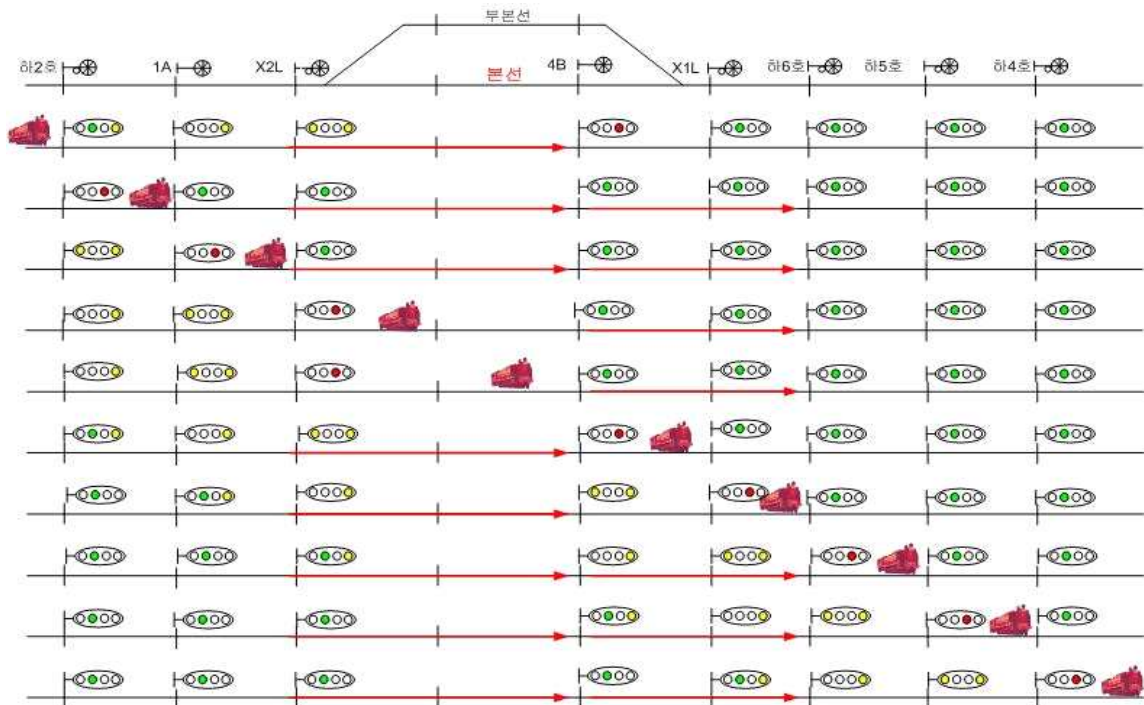


그림 9. 구내폐색이 있는 경우

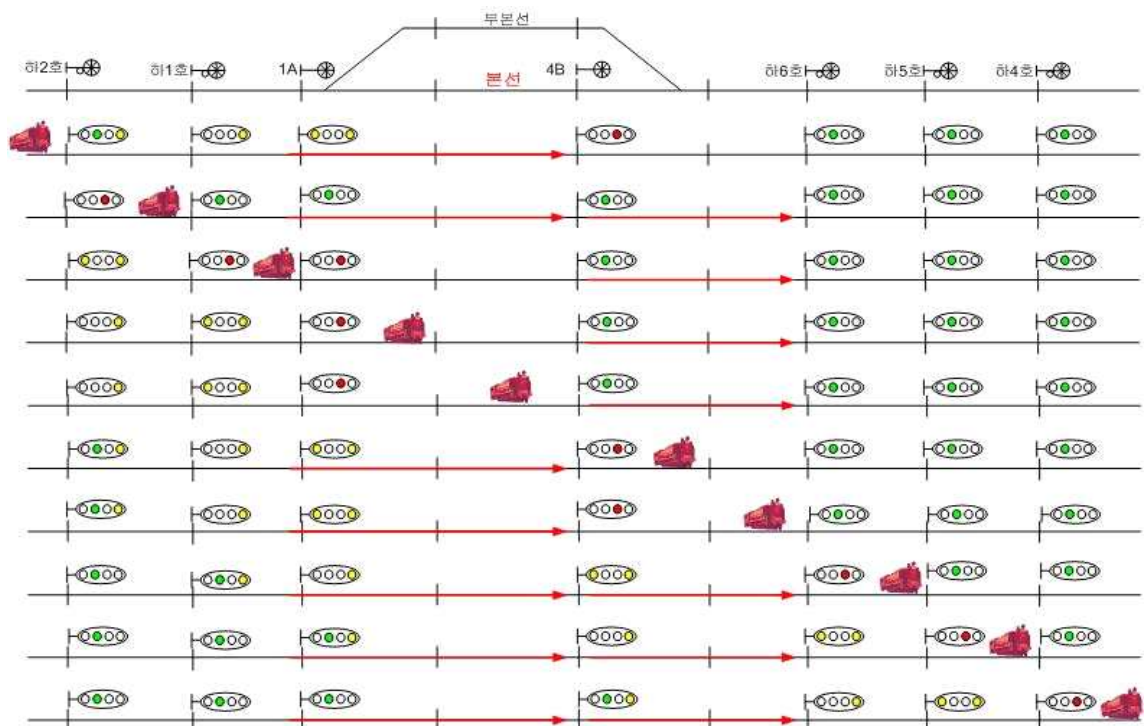


그림 10. 구내폐색이 없는 경우



3.2 부분선

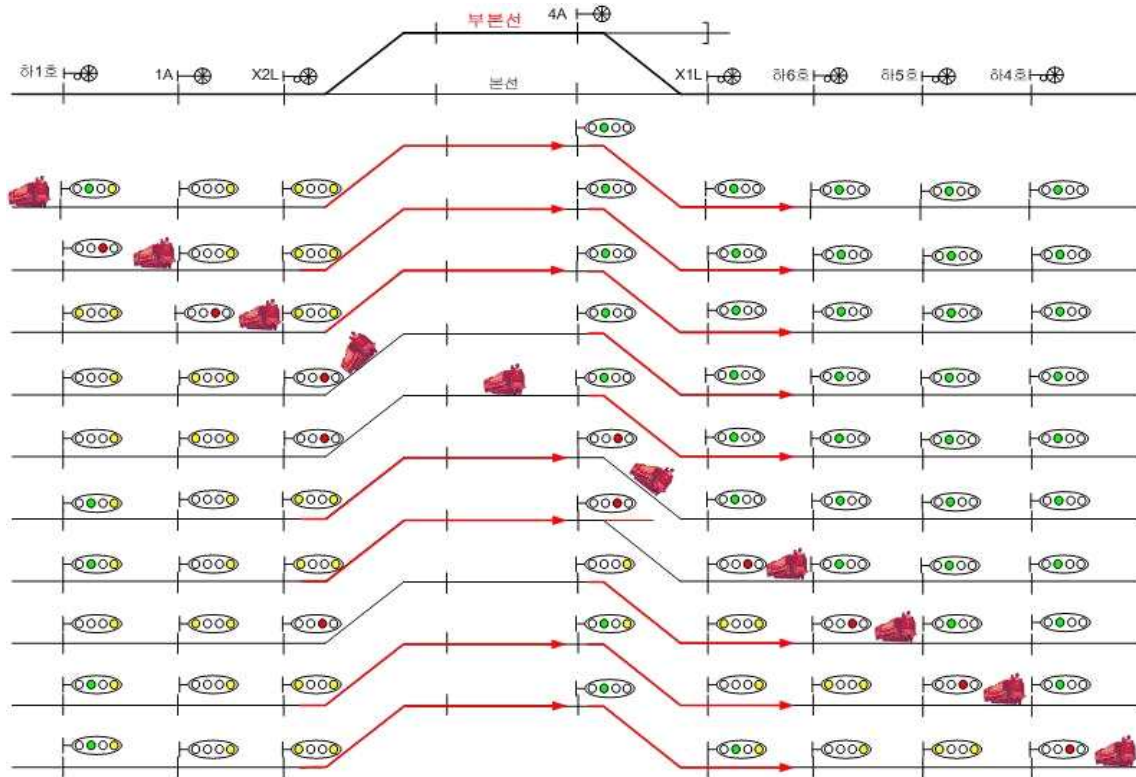


그림 11. 구내폐색이 있는 경우

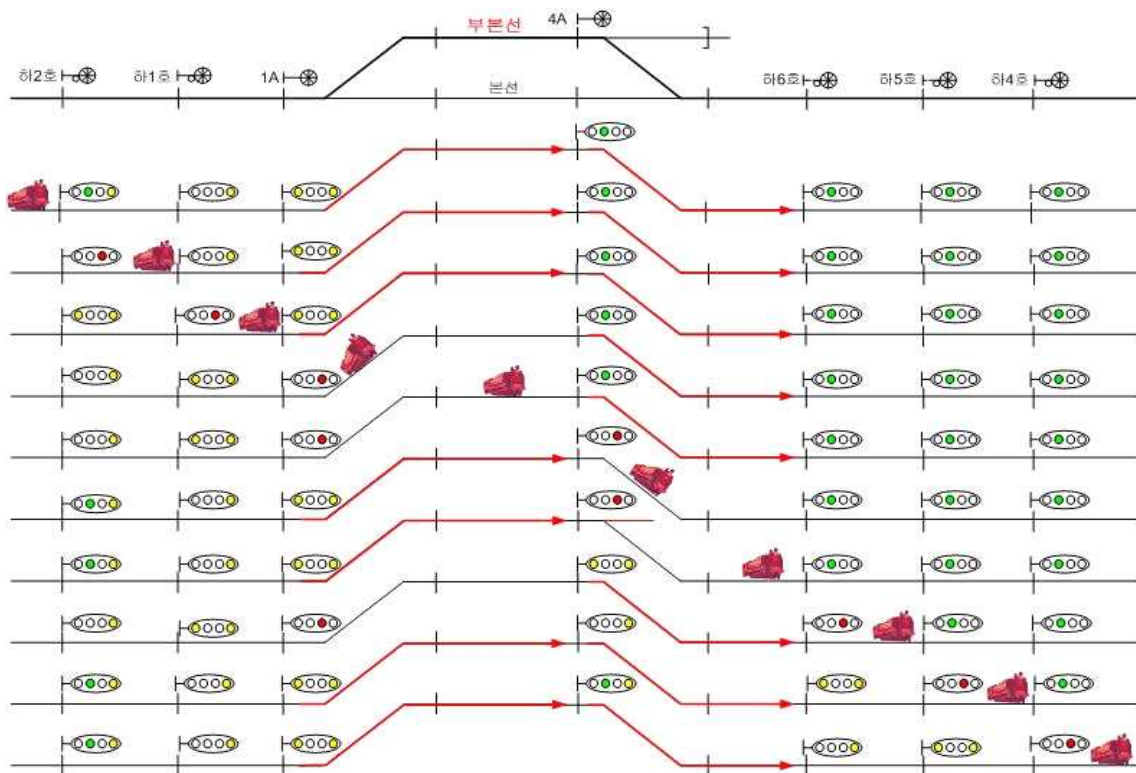


그림 12. 구내폐색이 없는 경우

4. 운행선을 변경하는 경우 신호체계

4.1 2복선 이상 선로에서 운행선이 다른 경우

장내, 출발신호기의 방호구간(구내 폐색신호기 제외)내에서 운행선이 다른 경우 주의 현시토록 한다.

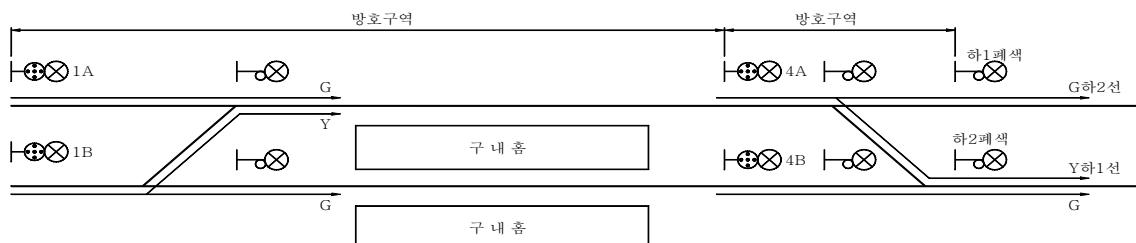


그림 13

표 9. 신호현시 체계

진로방향	1A	1B	4A	4B	비 고
하2선⇒하1선	진행(G)	-	주의(Y)	-	폐색신호기는 기존준용
하1선⇒하2선⇒하1선	-	주의(Y)	주의(Y)	-	

4.2 2복선 이상 선로에서 구내 폐색신호기가 설치된 경우

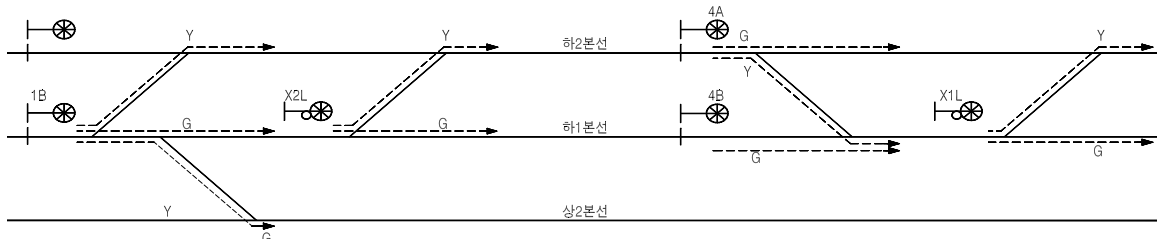


그림 14

표 10. 신호현시 체계

통 과 선	1B	X2L	4A/4B	X1L	비 고
하1본선⇒하2본선⇒하1본선 (1B⇒X2L⇒4A⇒X1L)	감속(YG)	주의(Y)	주의(Y)	진행(G)	분기기가 있는 해당 신호기에 주의 신호현시
하1본선⇒하2본선 (1B⇒X2L⇒4B⇒X1L)	진행(G)	진행(G)	감속(YG)	주의(Y)	



5. 신호현시 체계를 변경하는 경우

5.1 개요

신호현시 체계를 변경하고자 할 때에는 특별히 지정하지 않는 한 정거장을 중심으로 장내와 출발 신호기를 경계로 신호체계를 변경하여야 한다. 이때 구내 폐색신호기는 주체의 신호기와 동일한 신호체계를 따라야 한다.

5.2 3현시 → 4현시 → 5현시의 경우

표 11. 신호현시체계가 변경되는 구간의 신호 현시방식

A역			역간			B역			역간			C역			역간			D역
장내		출발	폐색신호기			장내		출발	폐색신호기			장내		출발	폐색신호기			장내
			3	2	1				3	2	1				3	2	1	
		3현시						4현시						5현시				

예시)

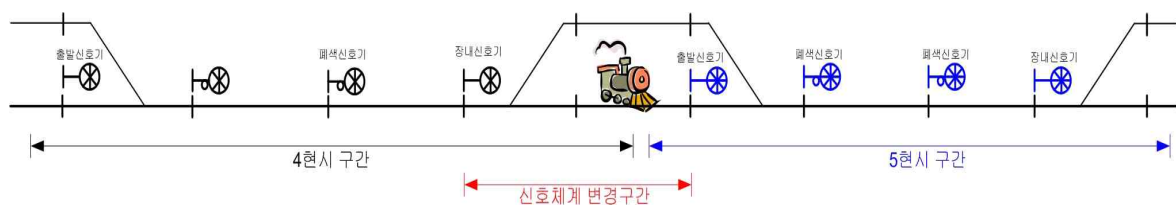


그림 15 신호현시체계 변경구간의 지정

6. 신호기 확인거리가 짧은 경우

6.1 신호기의 확인거리

5현시 구간에서 신호기의 확인거리가 필요한 확인거리보다 짧은 경우는 다음에 의한다.

- (1) R현시의 신호기에 접근하는 열차가 25km/h에서 신호기의 전방 50m에 정지하는데 필요한 거리 이하의 경우 바깥쪽신호기의 신호현시는 YY로 한다.

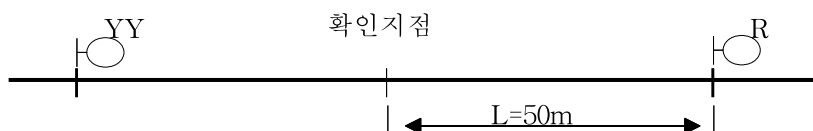


그림 16

- (2) YY현시의 신호기에 접근하는 열차가 65km/h에서 25km/h로 감속하는데 필요한 거리 이하의 경우 바깥쪽신호기의 신호현시는 Y로 한다.



그림 17

L : 신호현시를 확인할 수 있는 최소거리

- (3) Y 현시의 신호기에 접근하는 열차가 65km/h로 감속하는데 요구되는 거리 이하의 경우 바깥쪽 신호기의 신호현시는 YG로 한다.

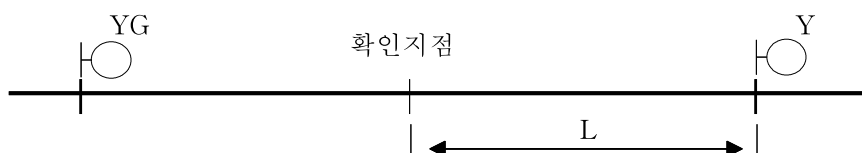


그림 18

- (4) 앞 호에 의한 YG 현시의 신호기에서 65km/h로 감속하는데 요구되는 거리 이하의 경우에는 바깥쪽신호기의 신호현시는 Y로 한다.

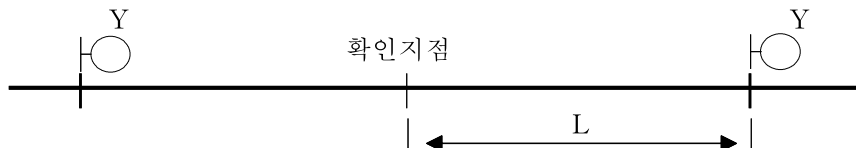


그림 19

- (5) YG현시의 신호기에 접근하는 열차가 105km/h로 감속하는데 요구되는 거리 이하의 경우 바깥쪽신호기의 신호현시는 YG로 한다.



그림 20

- (6) 앞의 각 호에 의하는 것이 곤란하고 열차운전에 지장을 주는 경우는 중계신호기의 현시로서 주체신호기의 확인거리를 연장한다.

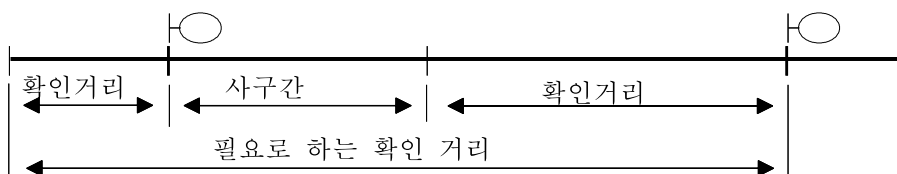


그림 21



해설 4. 지상신호방식

1. 개요

지상신호방식은 선로 변에 장내·출발·폐색·중계·엄호·입환신호기 등과 같은 상치신호기를 설치하고 선행열차의 개통조건이나 전방 진로 구성조건에 의해 신호를 현시하면 기관사가 신호현시 여부를 확인한 후 열차를 운행하는 방식으로써 신호 현시속도보다 운행속도가 높을 경우에는 열차자동정지장치(ATS : Automatic Train Stop)에 의해 비상제동이 체결되어 열차가 정지된다. 현재 우리나라 철도에서 일반적으로 사용하고 있는 지상신호방식은 4현시, 5현시 방식을 많이 사용하고 있으며 일부 2, 3 현시가 사용되고 있다.

2. 지상신호방식의 종류

2.1 3현시 신호방식

진행신호(G), 주의신호(Y), 정지신호(R)를 현시하는 신호방식으로 주로 단선철도 구간에서 사용하고 있으며, 3현시 신호방식에서 사용하는 열차자동정지장치는 점제어식을 사용하고 정지신호에서만 동작되도록 하고 있다.

2.1.1 속도제어의 범위

점제어 방식은 진행 중인 열차가 해당 정지신호에서 운행할 경우 열차자동정지장치에 의하여 5초간 경보 후 기관사의 확인제동 취급이 시행되지 않을 경우 자동적으로 비상제동이 체결되는 것으로 한다.

표 12. 신호현시별 허용속도

현시방식	신호현시	제어속도	비 고
3현시	진행(G)	Free	
	주의(Y)	45km/h	
	정지(R)	정지	

2.1.2 열차속도 패턴(Pattern)

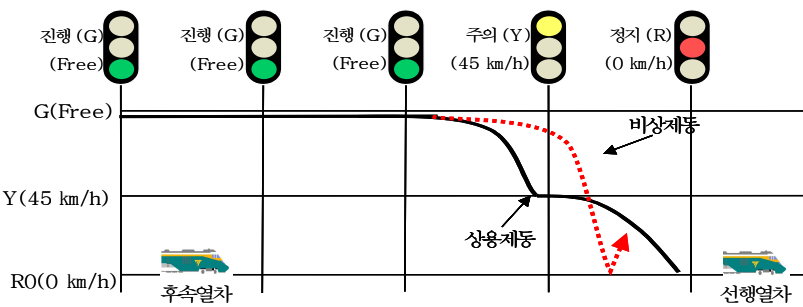


그림 22. 3현시방식 제어구간의 열차 운전속도 패턴

2.2 4현시 신호현시 방식

주로 수도권 전동차 운행구간에서 사용하는 다등형 4현시(R, Y, Y/G, G) 신호방식으로서 선행열차의 운전상황에 따른 후속열차의 운행조건을 지상신호기에 전달하는 방식으로 기관사의 졸음 또는 이상 상황 발생 시에 대비하여 허용속도를 초과하여 운행할 경우 열차의 제동장치를 동작시킬 수 있는 속도조사식의 ATS 장치를 부가하여 안전운행을 확보할 수 있도록 하고 있다. 또한, 정상적인 운전조건하에서 운행 중인 열차는 반드시 해당구간의 최고속도인 진행신호(G)를 현시 할 수 있도록 하며 선행열차 운전상황에 따라 감속신호(Y/G), 주의신호(Y), 정지신호(R₁:일단 정지 후 15km/h 이하의 속도로 운행, R₀:절대정지신호)의 순으로 감속하도록 하고 허용신호기가 아닌 장내 또는 출발신호기는 R₁ 신호를 허용하지 않고 R₀ 절대정지 신호(R)가 되도록 설치한다.

2.2.1 속도제어의 범위

속도제어 방식에는 R₀, R₁, Y, Y/G에 대한 현시계열에만 속도제어를 하도록 한다. 만약, 해당 허용속도를 초과하여 운전할 경우 기관사에 의해 제동취급이 시행되지 않으면 자동적으로 열차자동정지장치에 의해 비상제동이 체결되는 것으로 한다.

표 13. 신호현시별 허용속도

현시방식	신호표시	제한속도	비 고
4현시	진 행(G)	Free	
	감 속(Y/G)	65km/h	
	주 의(Y)	45km/h	
	정 지(R ₁)	일단 정지 후 15km/h	
	절대정지(R ₀)	정지	

2.2.2 열차속도 패턴

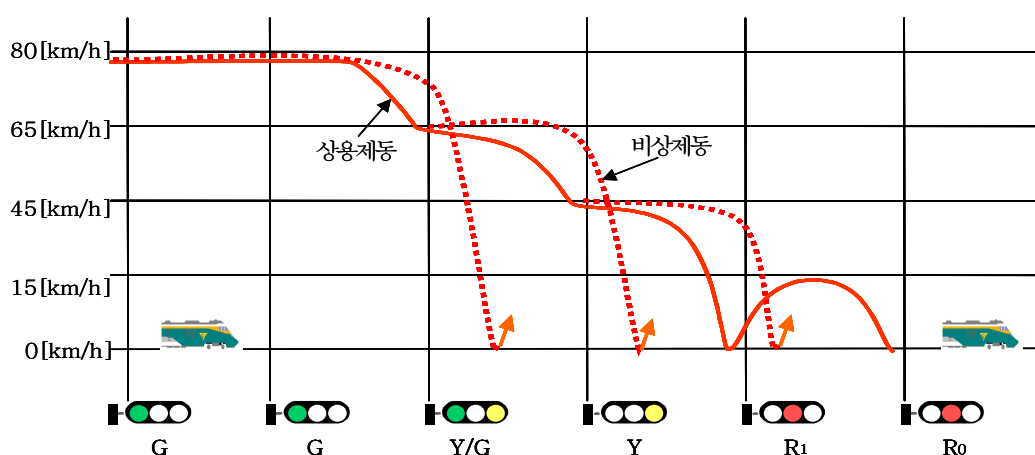


그림 23. 4현시 신호방식의 신호현시별 운행속도 패턴



2.3 5현시 신호현시 방식

지상신호방식의 범용적인 신호방식으로 주로 사용하고 있으며 운행하는 열차에 대하여 선별 최고속도인 진행(G)을 현시할 수 있도록 설비하고 감속(Y/G), 주의(Y), 경계(Y/Y) 및 정지(R) 신호의 순으로 신호현시 계통이 변화한다.

(1) 속도제어의 범위

속도제어방식에는 진행신호를 제외한 다음 신호현시에만 열차의 속도제어를 시행하도록 한다. 만약, 진행 중인 열차가 해당 신호의 허용속도를 초과하여 운행할 경우 자동 열차자동정지장치에 의하여 5초간 경보 후 기관사에 의한 제동 취급이 시행되지 않을 경우 자동적으로 비상제동이 체결된다.

표 14. 신호현시별 허용속도

현시 방식	신호표시	제한속도			비 고
		동력차용	전기동차용		
			일반선	고속화선	
5현시	진행(G)	Free	Free	Free	
	감속(Y/G)	105km/h	105km/h	105km/h	
	주의(Y)	65km/h	45km/h	65km/h	
	경계(Y/Y)	25km/h	25km/h	25km/h	
	정지(R)	정지	정지	정지	

(2) 열차속도 패턴

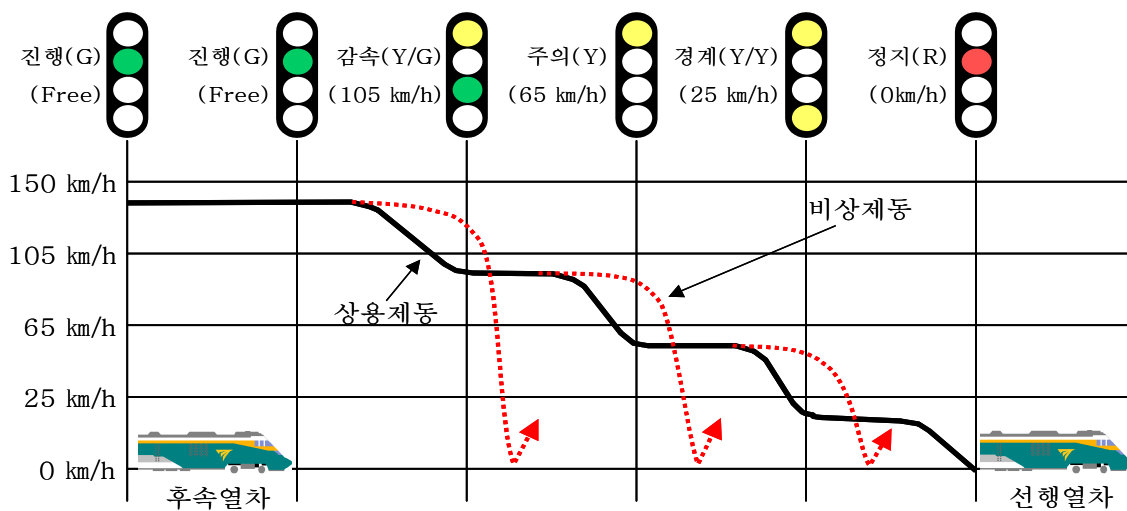


그림 24. 5현시 신호방식의 신호현시별 운행속도 패턴

3. 지상신호방식의 특징

지상신호기의 현시상태를 기관사가 직접 확인하고 열차를 운전하는 지상신호방식은 신호기 투시에 장애가 없을 경우 신호현시상태를 확인하는데 지장을 받지 않아 지정된 속도로의 운행이 가능하다. 그러나 폭우, 폭설, 안개 등 기후변화가 극심한 경우에는 신호기 현시상태의 확인이 곤란하여 지정된 속도로의 운행이 불가능하고 감속운전이 불가피함에 따라 열차안전운행에 위험요소가 많을 뿐만 아니라 열차감속운전에 의한 열차지연사태 등 경제적인 손실이 발생하게 되므로 기후에 의한 안전도 확보가 요구된다. 그러므로 신호제어설비는 안전측 동작(Fail-Safe)에 의한 열차자동정지장치 등의 안전 설비에 의하여 사고를 예방하고 있으나 항상 위험요소는 존재하고 있다.

3.1 속도향상에 미치는 영향

지상신호방식에서의 한계속도를 특별히 규정한 곳은 없으나 일반적으로 각 나라의 지형, 기후 및 인간의 신체조건과 지상신호기의 투시 및 현시조건 등을 감안하여 최대 약120km/h~150km/h 정도로 사용하고 있다. 그러나 프랑스와 같이 평탄지역이 많은 직선 철도구간의 일부노선에서는 약 220km/h까지도 지상신호방식을 사용하고 있으나, 산간 지대가 많고 곡선구간 및 구배구간이 많은 우리나라 철도에서는 신호기 투시거리와 제동거리에 의해 최고속도가 결정될 수밖에 없는 실정이다. 또한, 지상신호방식의 5현시 자동폐색신호방식은 신호현시별 허용속도에서 신호현시별 속도단계(동력차용)는 진행속도(G) → 감속신호(Y/G) → 주의신호(Y) → 경계신호(Y/Y) → 정지신호(R)의 순으로 되어 있으나, 경부선에서는 진행신호(G)에서 감속신호(Y/G)로 감속시키는데 소요되는 제동거리가 길어 최고속도에 가장 많은 영향을 미친다.

3.2 안전성과 신뢰성확보에 미치는 영향

열차운행의 최대 전제조건이 열차의 안전운행을 위한 신호제어설비는 어떠한 경우에도 고장시 Fail-Safe가 가능하여야 안전성과 신뢰성이 보장된다. 열차자동정지장치는 지상자의 공진주파수 f 또는 선택도 Q 치가 불량하게 되거나 LC 공진회로에 이상이 발생할 경우 경보를 제공하며, 지상자와 차상자간의 주파수 응답 범위를 벗어나게 되면 주파수가 응답되지 않아 사고가 발생할 가능성이 높아진다. 또한 지상자와 차상자간에 좌우 편위가 발생하게 되면 열차속도에 따라 응답되지 않을 수 있다. 이렇게 지상자와 차상자가 응답되지 못할 경우 중대사고가 발생할 우려가 있고 열차속도 향상에 따라 신호제어설비의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위한 지상신호방식에서는 한계가 있다.



3.3 수송력 증대에 미치는 영향

기존의 신호방식은 지상신호기의 현시상태를 열차를 운전하는 기관사가 육안으로 확인하고 열차를 운행하는 재래식 방식으로서 선행열차와 후속열차가 일정한 거리 간격으로 설치되어 있는 신호기의 현시조건에 따라 일정한 거리와 간격을 유지한 채 운행하는 신호방식이다.

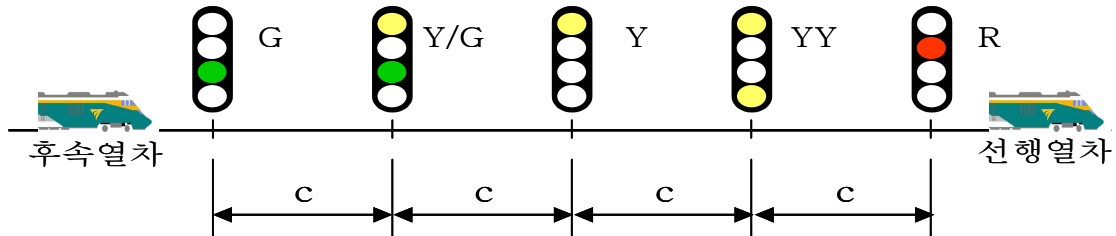


그림 25. 선행열차와 후속열차에 가장 근접한 거리로 운전이 가능한 경우

상기 그림과 같이 선행열차와 후속열차의 가장 안전하고 정상적인 열차간의 간격은 4개 폐색구간 이상이고 진행신호 투시확인거리 약 600m 이상 확보하여야 하므로, 경부선의 1개 폐색구간을 평균 800m로 계산할 경우 $800\text{m} \times 4 + 600\text{m} = 3,800\text{m}$ 이상의 거리를 유지하면서 주행하여야 한다. 그러나 실제 정지에 필요한 여객열차의 제동거리를 계산하면 다음과 같다.

산출식은

$$\text{제동거리}(L) = \left(\frac{V^2}{20} + 2 \times \frac{V}{3.6} \right) + \left(5 \times \frac{V}{3.6} + \frac{V}{3.6} \right) \text{이다.} \quad (1)$$

여기서, 경부선 표준선 구간의 열차운행최고속도 150km/h를 적용하면

$$\text{제동거리}(L) = \left(\frac{150^2}{20} + 2 \times \frac{150}{3.6} \right) + \left(5 \times \frac{150}{3.6} + \frac{150}{3.6} \right) = 1,458.33[m] \text{이다.} \quad (2)$$

여기에 제동여유거리 20%를 가산하면, $1,458.33 \times 1.2 = 1,749.99 \approx 1,750\text{m}$ 된다.

위에서 나타난 바와 같이 최소 1,750m 정도의 안전정지거리를 확보하여야 한다.

4. 신호현시방식 비교 분석

지상신호를 설치할 경우 3현시 방식을 사용하고 있는 단선철도구간이 복선전철구간으로 개량되어 새마을호 등 여객열차와 화물열차 등 일반열차들이 운행하던 구간에 전동차가 함께 운행될 경우에는 4현시 신호방식과 5현시 신호방식중 합리적인 신호방식을 선택하여야 할 필요성이 대두된다.

그러므로 4현시 신호방식과 5현시 신호방식의 특징을 살펴보면 4현시방식은 현재 경인선이나 경부2선, 안산선, 경원선(일부구간) 등과 같이 주로 전동차가 운행하는 구간에서 사용되고 있는 신호방식이며, 5현시 신호방식은 경부선과 호남선 등 고속열차와 일반열차가 병행운행하고 있는 선구에서 사용하고 있는 신호방식이다.

아래 표에서 4현시 방식과 5현시 방식의 신호현시별 제한속도를 비교한 결과 5현시 신호방식이 4현시 신호방식에 비해 동일한 신호현시일 경우 운전속도가 높기 때문에 향후 열차속도가 고속화 추세에 있어 전동차와 일반열차의 혼용구간에 있어서는 지상신호로 설계 시에는 5현시 방식으로 한다.

표 15. 신호현시별 제한속도(일반적인 경우)

신 호	3현시 방식	4현시 방식	5현시 방식	비 고
진행신호(G)	Free	Free	Free	선구별 최고속도
감속신호(Y/G)	-	65km/h	105km/h	
주의신호(Y)	45km/h	45km/h	65km/h	
경계신호(Y/Y)	-	-	25km/h	
정지신호(R ₁)	-	일단 정지후 15km/h	-	
정지신호(R ₀)	정지	정지	정지	

주) 유도신호기 : 점등 시 25km/h 이하의 속도로 진행 할 수 있음



해설 5. 차내신호방식

1. 개요

차내신호방식은 지상에 설치되어 있는 상치신호기의 현시조건에 의해 열차가 운행하는 것이 아니라 차내 운전석 전면에 설치되는 차내신호의 현시조건에 의해 열차가 운행하는 방식으로 제동목표지점을 차내 컴퓨터가 계산하여 운행할 수 있기 때문에 열차의 속도를 향상시킬 수 있고 운전시격을 단축할 수 있어 선로의 이용효율을 증대시킬 수 있다.

2. 차내신호방식의 속도체계

표 16. 차내신호 속도체계(일반적인 경우)

수도권 전동열차	80km/h	70km/h	60km/h	40km/h	25km/h	0	야드
	정지 후 25						
고속철도	300km/h	270km/h	230km/h	170km/h	정지예고	RRR	
고속화구간 (ATP)	속도체계는 별도 정의 되지 않음(차내장치가 선행열차와의 거리계산에 의해 속도를 수시로 제어)						

주) 속도체계는 구간별 시스템 특성에 따라 조정 될 수 있음

3. 차내신호방식의 종류

차내신호방식은 연속제어 차내신호방식인 ATC(Automatic Train Control) 시스템과 점제어 차내신호방식인 ATP(Automatic Train Protection) 시스템으로 대별할 수 있으며, ATC 시스템은 선로 중앙에 루프(Loop) 케이블을 설치하고 이 루프 케이블에 의해 궤도와 열차간의 정보를 교환하는 CATC(Continuous Automatic Train Control) 시스템과 열차가 운행하는 선로에 AF(Audio Frequency : 가청주파수) 궤도회로를 구성하여 레일을 통해 열차로 정보를 전송하는 일반적인 ATC 시스템으로 구별할 수 있다.

3.1 ATC 시스템

ATC 시스템은 궤도회로를 AF 궤도회로장치로 구성하고 레일을 정보전송의 매체로 사용하여 궤도회로의 반송주파수에 신호주파수를 변조해 송신하면 레일 위를 주행하는 열차의 안테나에 의해 이 주파수 신호를 수신하여 차내 컴퓨터에 의해 분석되어 신호속도를 차내신호 표시반에 표시하며, 운행중인 열차의 속도가 신호 속도보다 높을 경우 제동장치가 동작되는 설비로서 연속적으로 신호조건을 차내에 제공하기 때문에 안전성과 신뢰성이 우수하고 열차의 운행효율을 증가시켜 운전시격의 단축이 용이하고 열차 속도 향상이 가능하여 선로 이용율을 증대시킬 수 있는 시스템이다.

3.1.1 TVM430 방식

지상으로부터 전송되는 연속정보전송과 불연속정보를 수신하여 차내 컴퓨터에 수록되어 있는 구배, 분기기 등의 지역데이터를 종합분석하여 열차를 안전하게 운행하게 한다.

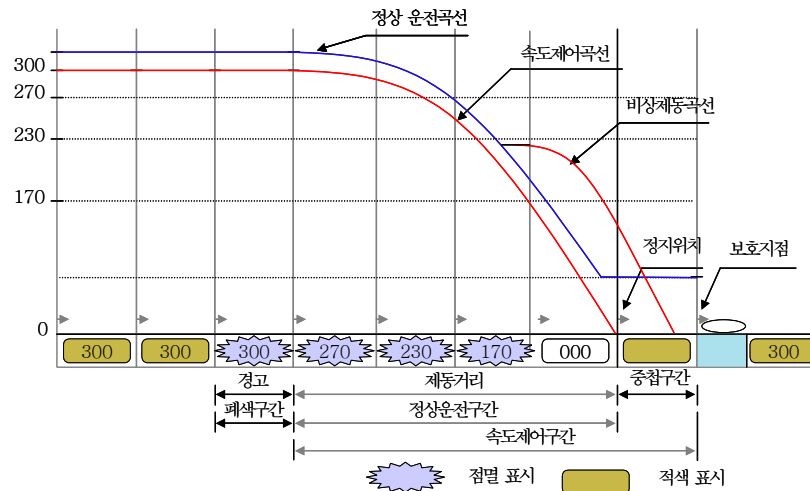


그림 26. TVM 430시스템의 속도 단계별 신호현시 현황 및 제동곡선

(1) 궤도~열차간 연속정보전송

속도제어를 정확하게 수행하고 더 많은 정보를 기관사에게 제공하기 위하여 궤도~열차간 정보전송 시스템을 사용한다.

지상 ATC 시스템은 궤도회로 변조주파수로부터 정보를 부호화하기 위한 정보 부호화 (Coding)에 6bit, 고속철도와 재래선을 구분하기 위한 운행선 구분에 3bit를 포함한 27bit의 정보를 AF 궤도회로를 통해 열차에 전송하게 되며, 27bit의 정보를 사용하고 있다.

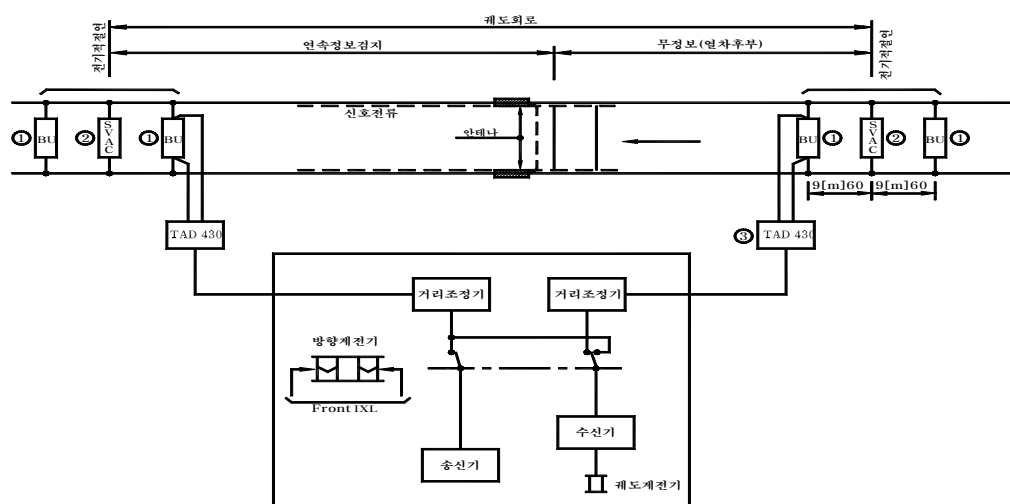


그림 27. 시스템 구성도



(2) 불연속정보의 전송

궤도회로를 이용하여 정보를 전송할 수 없는 불연속정보는 주로 지역적인 특성 또는 운행상황의 변경이 필요한 경우의 정보를 루프 케이블을 통해 차내로 전송하는 방법으로 다음과 같은 정보에 대하여 사용하며 불연속정보 전송의 구성은 다음과 같다.

- ① ATC 지역에서 ATP/ATS 지역으로의 진/출입정보
- ② ATP/ATS 지역에서 ATC 지역으로의 진/출입정보
- ③ 양방향 운전을 허용하기 위한 운행방향 변경정보
- ④ 차량 내 기밀장치의 동작정보
- ⑤ 절대정지 제어정보
- ⑥ 기타 필요할 경우

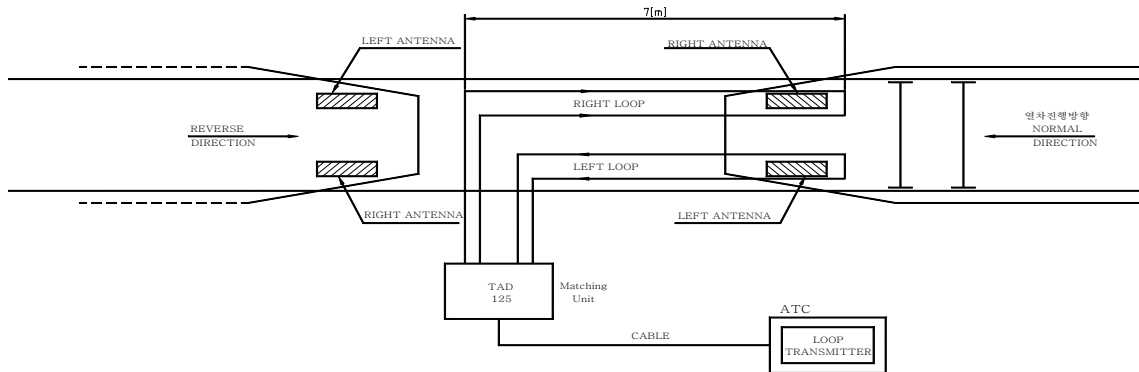


그림 28. 불연속정보 구성도

3.2 ATP 차내신호

3.2.1 개요

점제어방식인 ATP(Automatic Train Protection System) 차내신호시스템은 폐색 구간 경계지점의 양선로 중앙에 발리스(Balise)를 설치하고 이 지상자를 통해 폐색 구간의 길이, 구배, 분기위치 등 지역정보(불변정보)와 지상신호기 현시정보(가변정보) 등의 지상정보를 차내로 전송하면 차내시스템은 지상정보와 열차길이, 제동력, 열차중별 등에 대한 차내정보와 결합하여 목표속도와 제동목표거리를 계산하여 운행속도가 목표속도보다 높은 경우 경보를 제공하고 제동장치를 작동시키는 거리연산제어(Distance To Go) 시스템이다.

3.2.2 ATP 시스템의 구성

유럽연합 각국에서 개발하여 설치운영 중에 있는 차내신호시스템을 국가별로 살펴보면 기능과 성능은 비슷하지만 상호 호환성이 없으므로 유럽통합이후 열차를 국가간 상호 운행하는데 지장을 초래하고 있어 이를 해소하기 위해 ERRI(European Rail Research Institute)로 하여금 국가간 열차의 상호운행이 가능하도록 열차제어 시스템의 표준화 및 규격화 하였다.

(1) 지상설비

- ① 발리스
- ② 신호부호전송기

(2) 차내설비

- ① 차내컴퓨터
- ② 차내표시반
- ③ 안테나
- ④ 기록장치

(3) 최대 허용속도 제어

- ① 최대 허용속도는 다음 조건에 의해 제어된다.

가. 기관사에 의해 입력된 열차 최고속도

나. 선로작업 개소와 같은 궤도조건에 의해 설정한 임시 제한속도

- ② 최대 허용속도는 다음과 같이 제어된다.

가. 실제 운행속도가 +5km/h 이하의 허용속도 범위일 경우에는 속도제어장치가 동작하지 않는다.

나. 실제 운행속도가 +5km/h~+10km/h 사이의 허용속도 범위일 경우에는 "Speed to High(속도고속)"이라는 경보와 함께 표시등이 점등된다.

다. 실제 운행속도가 +10km/h 이상 허용속도 범위를 초과할 경우에는 제동표시등이 점등됨과 동시에 비상제동이 작동되며, 열차가 완전히 정지할 때까지 비상제동이 작동된다.

- ③ 정지신호 제어

ATP 시스템의 차내컴퓨터에 의해 경고곡선과 비상제동곡선 등 2개의 제어곡선이 생성되는데 열차가 경고신호(주의신호) 구간을 통과하기 전에는 차내표시 장치에 최고 허용속도가 표시되다가 열차가 경고신호를 통과할 때 보조신호 표시장치에 의해 0값(0신호)를 표시하게 된다. 이때 요구되는 시간 이내에 기관사가 수동에 의한 제동취급을 시행하게 되면 속도제어장치는 동작을 하지 않지만 수동에 의한 제동취급을 결하게 되어 실제 운전속도가 비상제동곡선에 이르게 되면 열차가 완전히 정지할 때까지 속도제어장치에서 비상제동을 취급하게 된다.

이 제어곡선은 실시간으로 계산되어 제동을 취급하기 때문에 열차가 위험구간에 접근하지 못하고 정지하도록 한다.

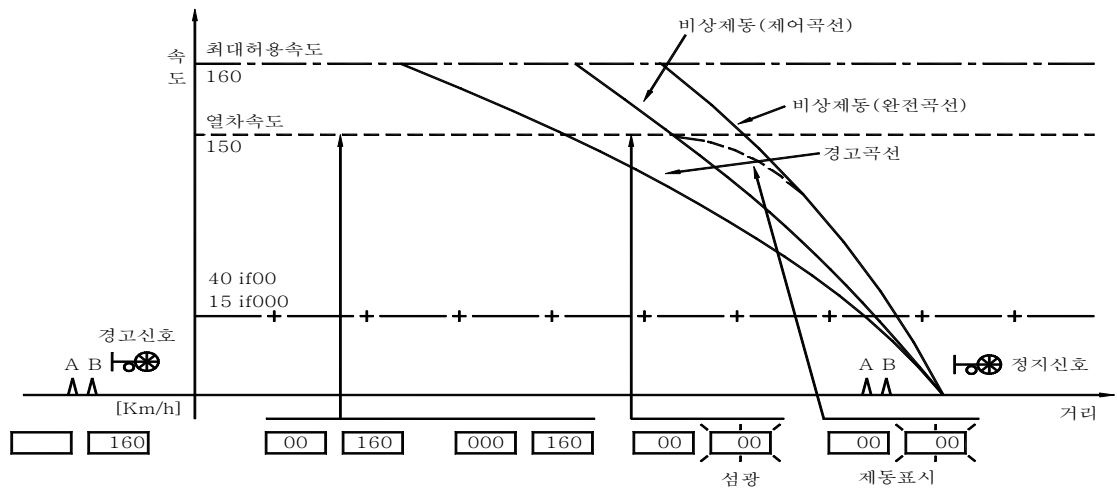


그림 29. 정지제어 곡선

- 가. 차내컴퓨터에는 경고곡선과 비상제동곡선의 2 종류 제어곡선이 입력되어 있다.
- 나. 열차가 경고신호를 통과하기 전에는 열차 최대 허용속도가 표시된다.
- 다. 열차가 경고신호를 통과하면 보조표시장치가 00을 표시한다.
- 라. 일정시간 이내에 기계적인 제동장치(수동제동 취급)가 동작되면 속도제어 시스템이 동작하지 않지만 실제 운행속도가 비상제동곡선을 초과하면 즉시 비상제동장치가 작동되어 열차를 정지시킨다.(열차가 완전 정지할 때까지 비상제동장치 동작)
- 마. 이 제어곡선은 열차가 위험지역 내로 진입하지 못하고 정지되도록 실시간으로 계산된다.

④ 제한속도 제어

제한속도 제어의 원리는 정지속도 제어방식과 동일하며, 제어곡선은 규정속도(제한속도)에 도달했을 경우 제어된다.

서행예고신호기를 통과하면 차내 컴퓨터에서 감속곡선을 제어하게 되며, 서행예고신호기의 지상자를 통과하면 차내 컴퓨터는 허용속도를 제어하여 제한속도에 의해 열차의 최 후부 차량이 속도 제한구역을 통과하고 속도제어 프로그램이 수정되어진다.

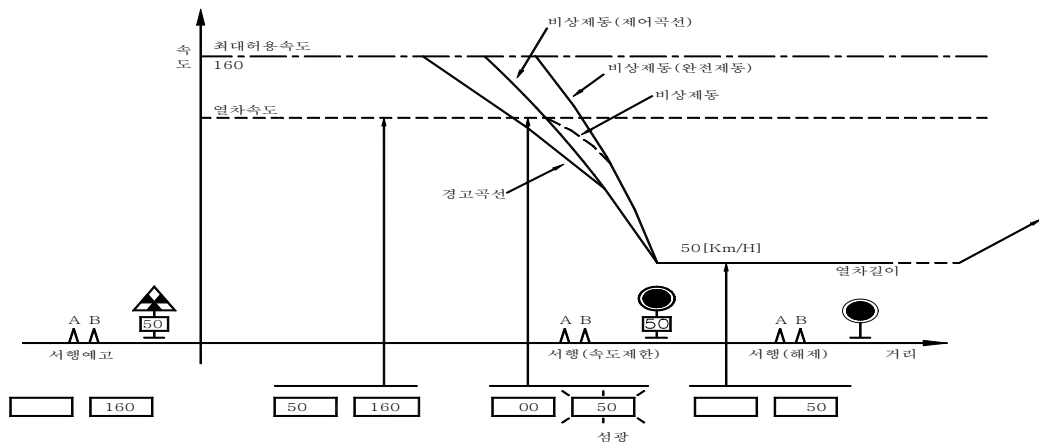


그림 30. 임시 속도제한 구역에서의 속도제어곡선

⑤ 정보 전송 시스템

궤도측으로부터 전송되는 데이터는 정보단어를 구성하는 논리신호 1과 0의 비트(bits) 모양으로 전송되며, 한개의 단어는 8bits로 구성된다.

지상자(Beacon)에 의한 메시지 전송은 열차의 안테나가 지상자 위를 통과할 때 발생되며, 전송에 필요한 전원을 지상자에 공급하게 된다.

3.3 CATC 시스템

연속제어 차내신호방식인 CATC 시스템은 선로 중앙에 루프 케이블인 궤도도체루프(Track Conductor Loop)를 설치하여 궤도와 열차간의 정보를 교환하는 열차제어 방식으로 유럽의 철도 및 지하철에서 일부 사용하고 있으며, 독일의 고속철도 ICE에서 사용하고 있는 CATC 시스템이 가장 대표적인 방식이다.

3.3.1 CATC 장치의 구성

지상과 지상간의 정보전송은 연속적으로 이루어지고 있으며, 또한 지상에서 차내로, 차내에서 지상으로 정보를 전송하는 양방향 전송 시스템이다.

이들 데이터는 100m 마다 회로가 교차되는 궤도도체루프(Track Conductor Loop)를 통하여 교환되며, 레일에 흐르고 있는 귀선전류의 영향을 받지 않는다. 지속적으로 높은 수신 레벨을 제공하기 위하여 궤도도체(Track Conductor)는 300m 길이의 전송구간으로 분할되어지므로 전류의 감쇄현상은 거의 무시해도 된다.

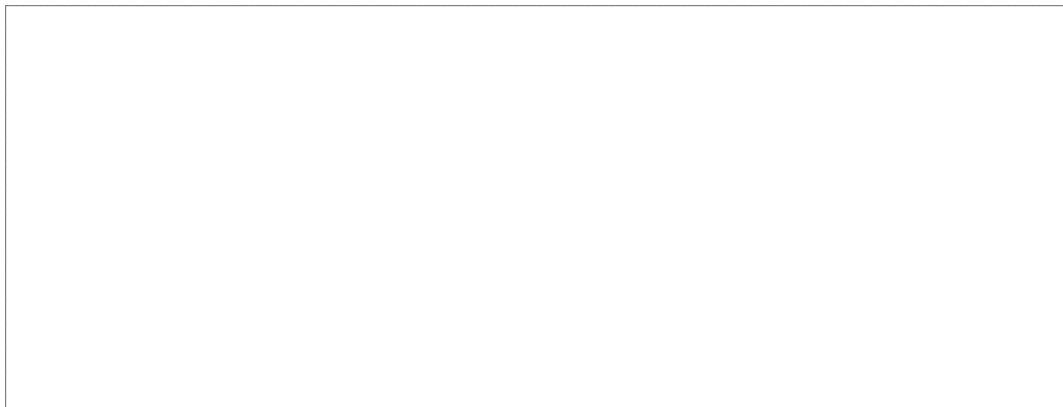


그림 31. 연속 열차자동제어장치의 차내 및 지상설치 구성도

3.3.2 CATC 차내 컴퓨터의 기능

차내 컴퓨터 시스템은 안정성과 신뢰성을 위하여 2 Out of 3 시스템의 Voting 시스템으로 구성되어있고 현장으로부터 연동장치조건과 열차운행에 필요한 현장정보를 수신하면 차내 컴퓨터에서 자동속도제어를 위한 정보를 계산하여 지상으로 전송되며, 지상으로 전송된 이 정보는 후속열차에 전송한다. 또한, 열차가 허용속도를 초과하여 운행하면 자동적으로 제동이 작동되며, 불연속 열차자동정지장치 시스템이 사용되고 있을 때 허용속도를 계산하고 장애기록기능을 갖춘 자동진단 시스템이다.

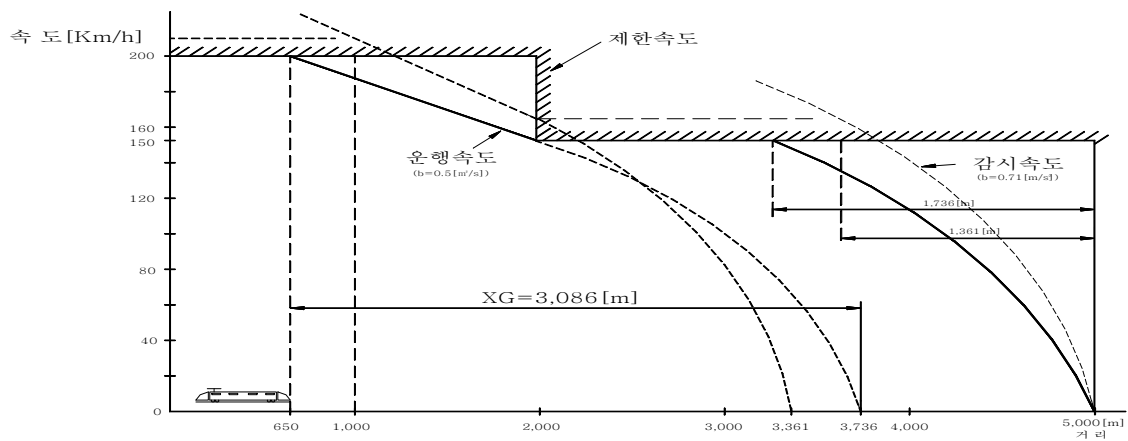


그림 32. 차내 컴퓨터에 의해 제어되는 CATC 시스템의 열차 제동곡선

3.3.3 계전기실 설비

(1) CATC 시스템의 계전기실 설비는 차량을 위해 제공되는 모든 데이터를 처리하여 모든 차량과 연동장치에 송신하며, 신호기 위치, 선로의 기울기 및 현재의 최대 허용속도 등 제어지역의 영구적인 데이터는 계전기실의 컴퓨터 시스템에 저장한다.

① 정보에는 변화하는 정보와 영구적인 정보가 있으며, 영구적인 정보는 위에 언급한 바와 같으며, 변화하는 정보는 차량과 연동장치에서 계전기실로 전송되며, 이 정보는 30km ~ 40km 구간에 한 개소씩 설치되어 있는 인근 계전기실간에 교환된다. 또한 변화하는 정보와 영구적인 정보를 사용하여 컴퓨터는 차내 컴퓨터로 보낼 운전명령을 만들어 낸다.

② 각 계전기실에는 안전성과 높은 신뢰성을 위하여 3개의 채널(Channel)을 조합하여 2개를 출력하는 2 Out of 3 시스템의 계전기실 설비를 사용하며, 선로의 30km ~ 40km 구간은 하나의 계전기실에 의해 감시되고 제어된다.

(2) 현장설비

① Logical Loop

계전기실 설비의 라인 유니트에서 인출되는 논리적 루프(Logical Loop)는 12.7km 구간 내의 궤도도체루프(Track Conductor Loop)의 송, 수신기를 제어한다.

② 송·수신기

가. 계전기실 설비와 Track Conductor Loop와의 정보전송에 사용되는 송, 수신기는 선로변 600m간격으로 설치하여 Logical Loop에 병렬로 연결한다.

나. 최1개의 송·수신기는 4개소 (상선 2개소, 하선 2개소)의 Track Conductor Loop를 제어한다.

③ 궤도도체루프(Track Conductor Loop)

- 가. 1개소의 궤도도체루프(Track Conductor Loop)는 300m의 궤도구간에 Loop 형태로 설치하여 1선은 케이블을 레일에 근접하도록 설치하고 1선은 궤도중심에 설치되는 Conductor Loop의 좌우편차는 $\pm 50\text{mm}$ 이내로 한다.
- 나. 궤도도체루프(Track Conductor Loop)는 매 100m마다 Loop 회선이 교차하도록 하고 시단과 종단에는 50m 간격으로 교차되도록 한다.

3.4 CBTC 시스템

경제, 사회 발전에 따라 생활권 및 경제권의 확대로 주요 간선의 선로용량 부족과 교통 혼잡 및 물류비용이 증가하여 수도권을 비롯한 대도시권의 도시화가 외곽지역으로 확장됨에 따라 광역교통량 및 도시교통량이 급증하였다. 생활수준의 향상 및 생활근거지의 원격화 등으로 인한 사회적 요구의 변화와 21세기 교통 환경에 적극 대응하기 위해서는 철도의 신설 등 사회기반 투자와 별도로 기존 시설의 효율적인 활용을 위한 열차제어방법의 기술적인 개선이 요구된다.

3.4.1 CBTC 시스템의 해외기술동향 분석

미국, 캐나다, 프랑스 등에서는 이미 안전성과 신뢰성에 대한 검증을 완료하고 상업 운전중이며, 일본등 기타 선진국에서도 차세대 열차제어시스템으로서 구축단계에 있다.

3.4.2 현안사항

(1) 현행 고정폐색식 열차제어시스템

- ① 열차가속 및 정지거리가 길어 이동속도가 낮음
- ② 차량 혼잡도가 높음(입석위주 편성)
- ③ 열차검지단위가 길고 다단계제어 방식으로 운전시각이 길다
- ④ 배차간격이 길어 수송효율이 낮음

(2) 철도의 이동속도 향상을 통한 승용차 이용자의 대중교통 수용이 필요함

(3) 신규노선 투자억제를 위하여 최소의 시설개량으로 운행효율을 대폭 향상시킬 수 있는 열차제어기술 개발이 필요함

3.4.3 고려사항

(1) 안전성, 신뢰성 확보

예비시험 및 시범 적용을 통하여 충분한 안전성을 검증한 후 확대하여 적용하여야 한다.

(2) 운행선에서의 개량에 따른 혼합운영(Interoperation)기능 확보

상위 시스템을 탑재한 열차가 하위 시스템 설치로 선로운행이 가능하도록 구현한다.

(3) 열차추적 불능지역 해소방안

차량의 입, 출고 및 차량 접촉한계 개소 등에 지장열차검지 보조센서를 설치한다.



3.4.4 개선 방향

열차의 가속 및 제동거리를 최소화할 수 있는 지능형 이동폐색식 열차제어시스템의 도입을 추진한다.

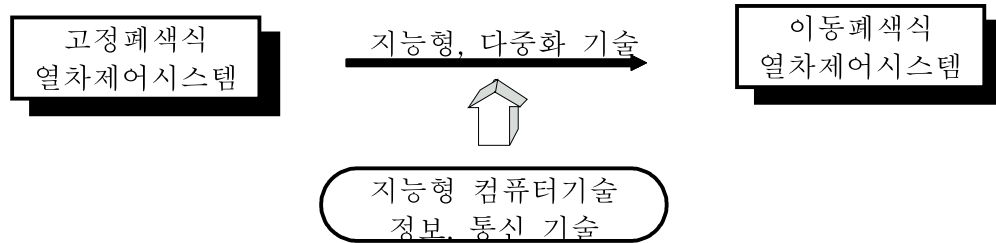


그림 33. 열차제어시스템의 기술발전 흐름

3.4.5 기대 효과

(1) 열차가속 및 제동거리를 최소화함으로써 이동속도 증가

① 표정속도 최대 40% 단축 가능(35km/h → 50km/h)

② 승객 시간가치 절약(광역전철의 열차제어방식 개선을 통한 주행속도 개선방안 기초 조사연구)

(2) 배차간격을 좁힐 수 있어 수송용량 증대

① 운전시각 단축(150초 ⇒ 85초) → 수송량 76% 증가

② 차량혼잡도 완화에 크게 기여

(3) 속도증가, 좌석확대 등 승객만족을 통하여 이용율 제고

분당선의 경우 승객증가율을 개별형태 모형으로 추산한 결과 약 49% 증가 예상(수송 분담율 17.3% → 25.9%)

(4) 기타 전철이용 증가에 따른 재무수입 호전 등

3.4.6 CBTC 시스템 구성

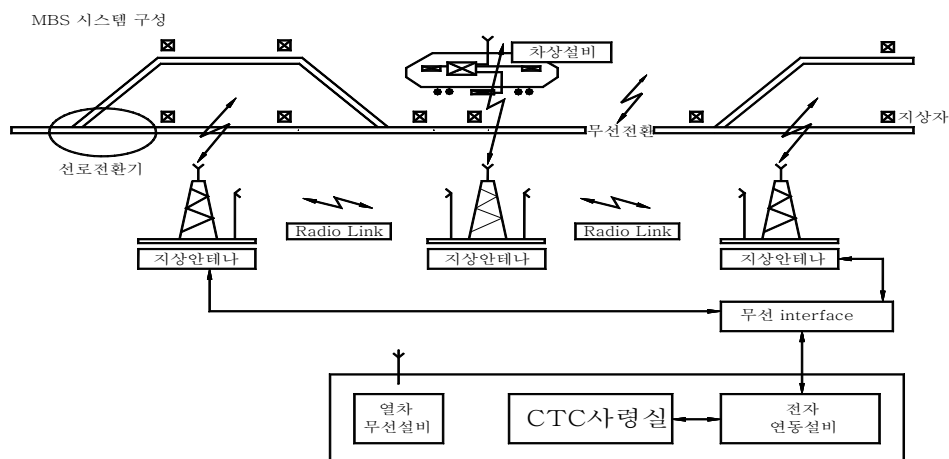


그림 34. 열차제어시스템(CBTC System)의 기본적인 구성

RECORD HISTORY

Rev.4('12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.