KR S-07040

Rev.16, 25 July 2023

열차자동방호장치(ATP)

2023. 07.

국가철도공단

REVIEW CHART

개정 번호	개정 일자	개정사유 및 내용(근거번호)	작성자	검토자	승인자
0	2008.11.12	철도신호설비시설지침 제정 (국토부→공단 이관, 제정) (기준팀-2757호)	송광열 최진식	이시용 오준호	강창호
1	2010.02.10	철도신호설비시설지침 전면개정 (기준심사처-269호)	최종관 허상영	유승위 윤한훈	김영국
2	2011.03.21	철도신호설비시설지침 일부개정 (기준심사처-847호)	최종관 허상영	이현정 윤한훈	김병호
3	2011.12.01	철도신호제어설비설계지침 제정 (국토부 기준관리 체계 부합화) (설계기준처-373호)	최종관 허상영	석종근 오준호	김영우
4	2012.12.5	설계기준체계 전면개정 (설계기준처-3537호)	허상영	석종근 오준호	김영우
5	2013.06.9	ATS ↔ ATP 상호 운전모드 변경 시 발리스 설치기준 추가 (설계기준처-1810호)	허상영	석종근 오준호	김영우
6	2014.06.30	대구역 열차사고관련 철도사고 재발방지대책 후속조치 등 (설계기준처-1862호)	빙군섭	김대원 김학렬	이동렬
7	2015.07.01	발리스케이블 사양 삭제 (설계기준처-1839호)	빙군섭	김학렬	이동렬
8	2016.05.18	종단역 과주방지용 발리스 설치 기준 추가(설계기준처-1319호)	빙군섭	손병두 김학렬	김영하
9	2016.12.22	발리스 설치위치, 신호계전기실내의 선로변제어유니트 접지케이블 사양 변경, 선로변제어유니트 고장표시 기준 마련, 신호계전기실 선로변 제어유니트간 케이블연결방법 추가(설계기준처-3630호)	빙군섭	손병두 김학렬	김영하
10	2017.07.26	ATP/ATS 운전모드 전환구간 ATS지상자 설치기준 보완 (설계기준처-2206호)	빙군섭	이만수 이광재	김영하
11	2018.12.20	일반철도 ATP구간 역방향 신호설비 반영(설계기준처-2892)	진재형	민병균 오준호	손병두
12	2019.12.16	완해속도 기준정립 (기준심사처-4277호)	진재형	박창완 오준호	이종윤
13	2020.08.03	출발신호기 인필발리스 설치기준 개정 (기준심사처-3097호)	서상준 최태근	박창완 권유철	이계승
14	2021.07.19	출발대용 입환신호기 인필발리스 설치기준 마련 등 (기심사처-2910호, 2021.07.16.)	서상준 류시출	이창현 신재범	최원일
15	2021.12.31.	발리스케이블 간 직선접속 및 2기용 선로변제어유니트 설치 기준 마련 (기준심사처-5174호, 2021.12.30.)	류시출 박준우	이창현 신재범	유성기
16	2023.07.25	ATP/ATS 운전모드 변경구간 개정 (역구내→역간)(기준심사처-2690, '23.7.25)	장승호 정찬용	이창현 서정민	김종호

목 차

1. 용어의 정의 ····· 1
2. 열차자동방호장치 ····· 1
3. 열차자동방호장치 설비 ····· 1
4. 발리스 설치 ····· 2
5. ATS구간과 ATP구간의 상호 운전모드 전환 ····· 3
6. 취부위치 ····· 4
7. 텔레그램 입력 ····· 4
8. 선로변제어유니트 ····· 6
9. 선로 임시속도 제한 ····· 6
10. ATP운행 차량의 속도체계 ····· 6
11. 선로변제어유니트(LEU)의 고장표시 ····· 6
12. 선로변제어유니트와 발리스간 케이블 연결 ····· 7

해설 1. 열차자동방호장치(ATP : Automatic Train Protection) ····· 8
1. 개 요 ····· 8
2. ATP 장치의 구성 ····· 8
2.1 지상설비 ····· 8
2.2 차내설비 ····· 9
2.3 ATP의 기능 ····· 10
해설 2. 열차자동감시장치(ATS : Automatic Train Supervision) ····· 11
1. 개 요 ····· 11
2. ATS의 기능 ····· 11
2.1 경보 및 오동작 기록 ····· 11
2.2 진로설정 ····· 11
2.3 스케줄구성 ····· 12
2.4 열차 출발(Dispatching) 기능 ····· 12
해설 3. 유럽열차제어시스템(ERTMS/ETCS) ····· 13
1. 개 요 ····· 13
2. 유럽열차제어시스템의 기능 ····· 13
2.1 Level 1 ····· 14

2.2 Level 2 ····· 15
2.3 Level 3 ····· 15
3. 지상설비 ····· 16
3.1 선로변제어유니트(LEU : Lineside Electronic Unit) ····· 16
3.2 발리스(Eurobalise) ····· 17
3.3 선로변제어유니트와 발리스의 연결 ····· 17
4. 시스템의 적용 ····· 19
4.1 주요기능 ····· 19
4.2 특성 ····· 19
4.3 구성 ····· 21
4.4 동작원리 ····· 22
해설 4. 국내의 ATP 시스템 ····· 27
1. ATP 개요 ····· 27
2. 기 능 ····· 27
3. 특성 ····· 28
3.1 인력 및 비용절감 ····· 28
3.2 운영의 최적화 ····· 28
3.3 상호호환 운전 ····· 28
4. 구조 ····· 28
4.1 지상시스템(TSS) ····· 29
5. 선로변제어유니트(LEU) ····· 29
5.1 LEU 개요 ····· 29
5.2 LEU 설치별 유형 ····· 30
5.3 LEU 구성 ····· 31
5.4 LEU 기능 ····· 32
5.5 LEU 보드별 산출 기준 ····· 34
6. 발리스(Balise) ····· 34
6.1 발리스 개요 ····· 33
6.2 발리스 유형 및 용도 ····· 35
6.3 발리스 구성 및 사양 ····· 36
6.4 발리스 기능 ····· 37

6.5 발리스 설치 요건 ····· 40
6.6 발리스 추가 설치 지점 ····· 44
6.7 거리 확인 지점(Relocation point) ····· 44
7. 전선로 설비 ····· 44
7.1 개요 ····· 44
7.2 전원케이블 ····· 45
7.3 신호 인터페이스 케이블 ····· 45
7.4 커플링 케이블 ····· 45
7.5 발리스 케이블 ····· 45
7.6 발리스 접속(연결) 케이블 ····· 46
8. 접지설비 ····· 46
8.1 개요 ····· 46
8.2 신호계전기실 LEU 랙 접지방식 ····· 46
8.3 현장 LEU 외함 접지방식 ····· 46
8.4 LEU내의 케이블 접지 ····· 47
9. 텔레그램 ····· 48
9.1 텔레그램 생성 절차 ····· 48
9.2 텔레그램 형식 ····· 49

RECORD HISTORY ····· 50

경 과 조 치

이 철도설계지침 및 편람(KR CODE) 이전에 이미 시행중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관 장이 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 우리공단 철도설계지침 및 편람을 그대로 사용할 수 있습니다.

기준 개정 확정일('21. 12. 31.) 이전에 시공이 완료된 건설 및 개량공사에 대해서는 종전에 적용하고 있던 기준을 적용할 수 있습니다.

일 러 두 기

○ 사용자의 이용 편의를 위하여 책 단위로 구성된 철도설계지침 및 편람(KR CODE)을 국제적인 방식에 맞게 체계를 각 항목별(코드별)로 변경하였습니다. 또한, 모든 항목에 대한 해설 및 목차역할을 하는 KR CODE 2012, 각 항목별로 기준 변경사항을 파악할 수 있도록 Review Chart 및 Record History를 제정하였습니다.

○ 이번 개정된 철도설계지침 및 편람(KR CODE)은 개정 소요가 발생할 때마다 각 항목별 수정되어 공단 EPMS, CPMS, 홈페이지 게시될 것이니 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.

○ 철도설계지침 및 편람(KR CODE)에서 지침에 해당하는 본문은 설계 시 준수해야 하는 부분이고, 해설(편람) 부분은 설계용역 업무수행에 편의를 제공하기 위해 작성한 참고용 기술도서로 한다.

1. 용어의 정의

(1) 발리스(Balise) : 궤도상에 설치되는 지상자로 가변정보 또는 선로속도나 구배 등 고정정보를 차내로 전송하는 장치

(2) 가변발리스(CB : Controlled Balise) : 열차자동방호장치(ATP)설비 구간에서 신호현시 조건에 의해 제어되는 정보를 제공하는 발리스

(3) 고정발리스(FB: Fixed Balise) : 열차자동방호장치(ATP)설비 구간에서 선로조건, 등의 변화지 않는 고정된 정보를 제공하는 발리스

(4) 선로변제어유니트(LEU : Line side Electronic Unit) : 신호설비의 상태를 검지하여 조건에 맞는 텔레그램을 발리스(Balise)에 전송하는 장치

(5) 텔레그램 : 지상의 각종 정보를 차내에 전달하는 수단으로 하나의 헤더와 다수의 패킷 및 오류검지코드로 구성된 파일

(6) 발리스그룹(Balise Group) : 궤도상에서 동일한 지점에 설치되는 한 조 혹은 그 이상의 발리스

(7) 발리스링크(Balise Linking) : 하나의 발리스 혹은 발리스 그룹이 자신의 텔레그램 내에서 또 다른 발리스 혹은 발리스그룹의 위치를 해석할 수 있는 방법

* NOTE : 발리스 연결은 레벨2와 레벨3과 같이 무선통신시스템을 통해 통신기지국에 의해 제공될 수 있다.

(8) 발리스전송모듈(Balise Transmission Module) : 궤도와 열차간의 불연속정보전송을 위한 차내장치로 발리스를 통해 텔레그램을 수신하는 것

(9) 불연속전송(Intermittent Transmission) : 어느 특정한 지점에서 차내로 전송되는 정보

(10) 인필 정보(Infill Information) : 주신호기가 설치되지 않은 지점에서 열차의 운행효율을 증대시켜 주기 위해 지상에서 열차로 정보를 제공

2. 열차자동방호장치

(1) 열차자동방호장치(ATP)를 신설 및 개량 시에는 기존에 설치된 설비를 검토하여 호환성이 있는 열차자동방호장치(ATP)를 적용하여야 한다.

(2) 기존선 개량 시에는 당해 노선의 운행열차에 대한 차내신호설비와 연계노선의 열차제어 시스템을 조사한 후 연속운행에 지장이 없도록 차내신호설비의 개량 또는 추가 설비를 하여야 한다.

3. 열차자동방호장치 설비

(1) 지상설비와 차내설비로 구분한다.

(2) 지상설비는 발리스(Balise)와 선로변제어유니트(LEU)로 구성한다.

(3) 차내설비는 발리스 전용 모듈(BTM)과 안테나장치(ACU), 차내컴퓨터, 운전자인터페이스(MMI), 입출력장치, 기록장치 등으로 구성한다.

4. 발리스 설치

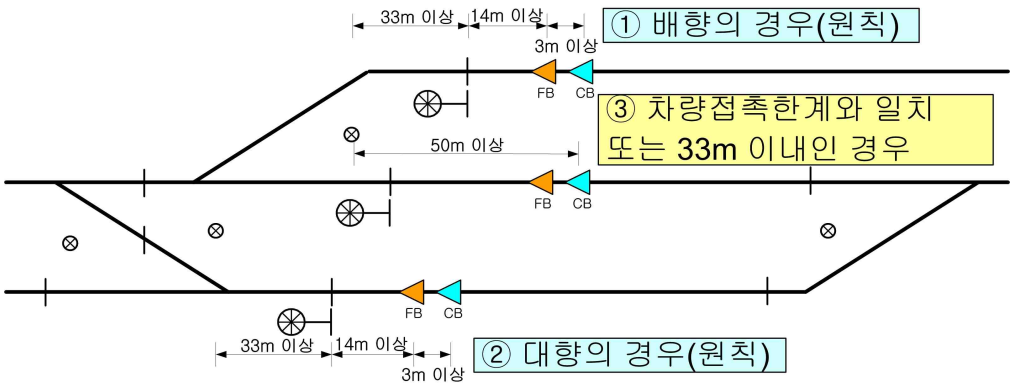
(1) 발리스는 다음 위치를 기준으로 설치한다.

① 장내신호기, 출발신호기, 엄호신호기, 폐색신호기, 구내폐색신호기, 열차출발에 사용할 수 있는 입환신호기

② 역방향 장내・출발신호기

③ 건널목 지장물검지장치

(2) 가변발리스는 궤도절연에서 17m이상 이격하고 고정발리스는 가변발리스에서 신호기 방향으로 3m이상 이격하여 설치하는 것이 원칙이나 신호기와 차량접촉한계표지간 거리가 33m 미만인 경우 가변발리스는 차량접촉한계표지에서 50m 이상 이격하여 설치하여야 한다. 단, 무절연 AF궤도회로구간에서는 TU에서 13.8m 전방에 가변발리스를 설치한다.



(3) 열차진행방향에서 가변발리스, 고정발리스 순으로 설치하여야 한다. 단, 경부선 호남선에 기설치된 것은 제외한다.

(4) 연속된 두 개의 발리스는 3m이상 거리를 두고 설치하여야 한다.

(5) 침목을 중심으로 가로방향으로 설치하는 것이 표준이며 선로조건에 따라 세로방향으로 설치할 수 있다.

(6) 발리스에 텔레그램을 입력하기 위한 단자가 있는 경우 발리스에 습기가 유입되지 않도록 플러그로 단자를 봉인하여야 한다.

(7) 발리스와 선로변제어유니트간의 케이블 접속은 케이블헷드등을 설치하여 접속하여야한다.

(8) 인필 발리스는 다음의 경우에 설치한다.

① 장내신호기용

가. 구내폐색신호기가 있는 경우 : 장내신호기 절연에서 부터 300m이내

나. 구내폐색신호기가 없는 경우 : 폐색신호기 1호주 내방 50m이내

② 출발신호기용

주 가변발리스로부터 30m 이상 떨어진 위치에 설치하며, 설치기준은 다음과 같다.

가. 열차정지위치표지가 없고, 승강장이 있는 경우 : 승강장 끝 부분

나. 열차정지위치표지가 있는 경우 : 열차정지위치표지 바깥쪽 5m 이내

다. 고속열차 운행구간에 열차정지위치표지 간 거리가 30m 이상 또는 하나의 홈에 고상홈과 저상홈이 설치된 경우 2개까지 설치할 수 있다.

③ 역방향 장내·출발신호기용

가. 역방향 장내신호기용 : 선구 특성을 감안하여 궤도절연위치에서 1,200m 이내

나. 역방향 출발신호기용 : 출발신호기용에 따름

④ 폐색신호기용

열차출발에 사용할 수 있는 입환신호기로 역을 진출하는 경우 : 역 진출 후 첫 번째 폐색신호기

(9) 역 구내 또는 조차장내 ATP차량 검수의 시험용 발리스 설치는 차량을 출고하는 구간에 필요시 설치한다.

(10) 선로변제어유니트(LEU)와 케이블헷드간 발리스 전송케이블은 접속점이 없도록 설치하는 것을 원칙으로 하며, 아래 조건일 경우 1회에 한하여 케이블간 직선접속을 허용할 수 있다.

① 철도종합시험운행 등에 의한 발리스 위치를 변경할 경우

② 장내 및 출발신호기에 한하여 적용

(11) 종단역의 선로 종단에는 장내신호기에서 역구내로 진입하는 차량의 과주방지를 위하여 과주방지용 발리스를 설치할 수 있다.

5. ATS구간과 ATP구간의 상호 운전모드 전환

(1) 예고발리스와 경계발리스로 구분하며 선로 최고속도를 기준으로 열차가 최소 5초 동안 주행거리 이상 이격하여야 한다.

(2) 선로최고속도별 예고발리스와 경계발리스의 최소이격거리는 표와 같다.

표 2. 열차속도에 따른 최소이격거리

선로최고속도[km/h]	1초간 이동거리[m]	최소이격거리[m]
300 km/h 이하	83.33	418
230 km/h 이하	63.89	320
200 km/h 이하	55.56	278
180 km/h 이하	50.00	250
150 km/h 이하	41.67	210

(3) 운전모드 변경구간의 ATP설치 구성도는 그림과 같다.

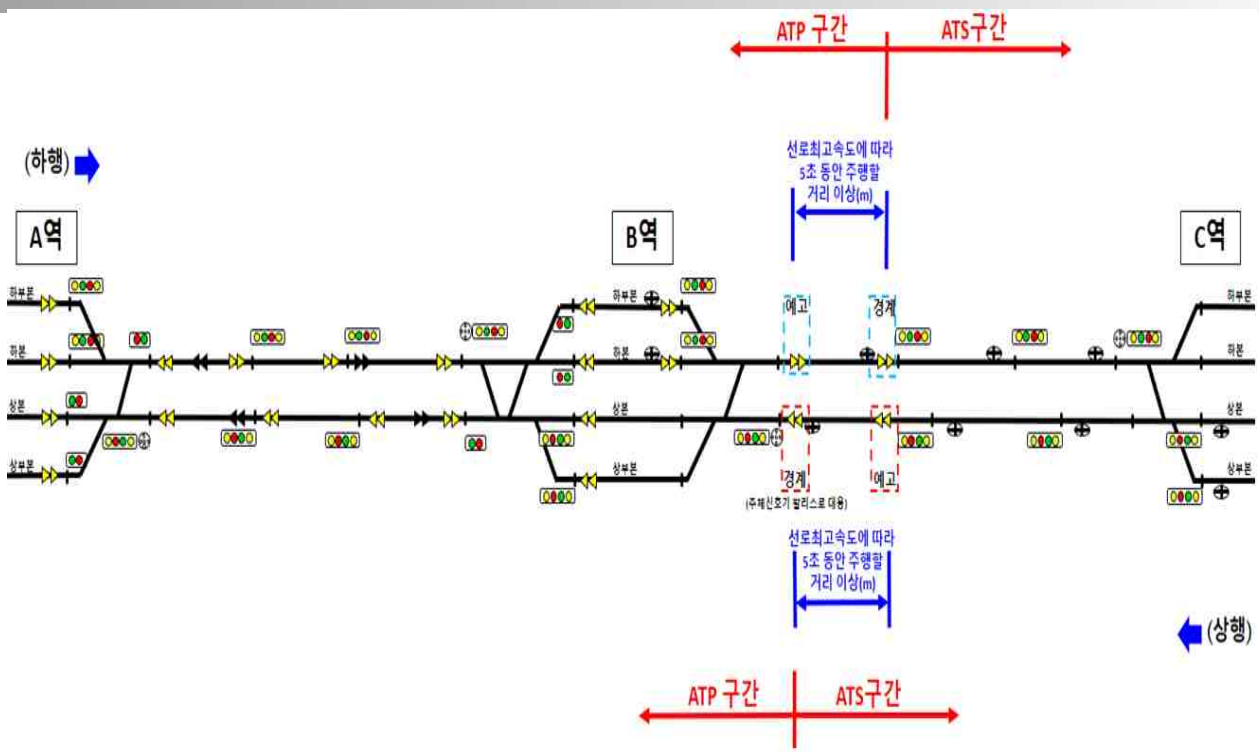


그림 10 ATS ↔ ATP운전모드 변경 구간의 일반적인 구성도

주) 일반적인 운전모드 변경은 다음과 같이 시행한다.

- ATS에서 ATP로 운전모드 변경 : 폐색과 장내사이에 시행
- ATP에서 ATS로 운전모드 변경 : 출발과 폐색사이에서 시행

※ 운전조건 및 현장설비 여건에 따라 운전모드 경계지점을 다르게 적용

6. 취부위치

(1) 발리스 중심에서 ATS지상자 중심까지 간격 1.2m 이상

(2) 인접선로에서 통과하는 차량의 안테나 중심에서 발리스 중심과 간격 3m(선로전환기 내 1.4m) 이상

(3) 선로전환기내 설치는 피하여야 한다.(단. 설치시 2호 적용)

(4) 레일이음매와의 간격 1m이상

(5) 금속 물체와 발리스 중심의 간격 가로 410mm, 세로 315mm, 아래・위 각 210mm 이상

(6) 발리스 그룹과 발리스 그룹간 20m이상 이격

7. 텔레그램 입력

(1) 발리스에는 국가번호, 고유번호, 그룹 내 위치, 및 현시별 이동권한 또는 구배 등 선로 정보가 입력되어 야 한다.

(2) 가변발리스(CB)의 현시별 검증값과 승인된 검증 리스트의 값은 동일하여야 한다.

(3) 고정발리스(CB)와 승인된 검증 리스트의 검증값은 동일하여야 한다.

(4) 텔레그램 입력시 다음 사항에 대하여 주의하여 입력하여야 한다.

① 링킹 오류 발생시 제동관계(패킷 5번)

가. 역구내

(가) 부본선 출발신호기 : 비상제동

(나) 본선 장내, 출발 신호기 : 상용제동

(다) 인필 발리스 : 무반응

나. 역간 폐색신호기 : 매 신호기마다 상용제동

② 열차이동을 위한 거리, 속도, 완해속도 등 열차의 이동권한 전송(이동권한 : 패킷 12번)

가. 해당 신호기가 정지일 때 인필발리스는 해당 신호기까지 열차운행이 가능하도록 이동권한 전송

나. 모든 현시에서 다음의 완해속도 적용

(가) 장내・출발・구내폐색・엄호 신호기(역방향 신호기 포함) : 15 km/h

(나) 열차출발에 사용할 수 있는 입환 신호기 : 15 km/h

(다) 폐색 신호기 : 25 km/h

③ 측선이동에 따른 이동권한 축소 보상(재위치 정보 : 패킷 16번)

측선 이동에 따른 이동권한 축소를 보상하기 위한 이동권한 전송으로 초기 목표 지점까지 이동이 가능하도록 함

④ 이동권한 내 존재하는 열차운행 허용속도(속도제한정보 : 패킷 27번)

가. 차종별 제한속도 구분 : 고속과 저속열차로 구분하여 속도제한을 적용하며 기본은 저속열차 기준을 적용

나. 역구내 진입 예고속도 표출 : 폐색2호주와 1호주에서 장내 진로 중 가장 제한적인 속도정보 전송

다. 곡선 시/종점 입력 구분 : 곡선개소 시점은 곡선표지, 종점은 실제 종점위치를 입력 기준으로 적용

⑤ 전방 운행 선로의 지리적 정보를 아이콘(ICON)으로 표현(아이콘정보 : 패킷44:6번)

가. 터널, 교량 아이콘 : 20m 이상의 구조물에서만 아이콘을 표출

나. 역사 아이콘 : 상・하 본선 출발신호기 사이의 거리를 역사 길이로 입력

⑥ ATC 레벨전환정보(패킷 44:102)

레벨전환명령(패킷 41번)과 함께 사용하며 ATP모드에서 STM(ATC)모드로 변경할 경우 고속선(TVM)의 상,하선 정보를 구분하기 위해 사용

⑦ 열차의 운행 진로상의 전방에 존재하는 정보(선로조건 : 패킷 68번)

가. 절연구간 : 해당 구간 운행속도 기준 11초이상 거리에서 동작정보 제공하고 타행 표지에서 전원차단

나. 터널기밀장치 : 해당구간 운행속도 기준 10초이상 거리에서 동작정보 제공

⑧ 차상 MMI 텍스트 메시지(패킷 72번)

지장물 검지 고장검지시 차상MMI에서 <Intrusion Detector(Rock or Car)>메시지 표출

(5) 역방향용 장내 및 출발신호기의 신호입력

① 역방향 출발신호기의 역방향 진로는 역간에 폐색신호기를 설치하지 않고 2현시(정지, 진행)로 운행되며, 텔레그램 입력시 정지목표는 상대역 장내신호기 앞으로 설정하고, 역방향 장내신호기 인필발리스에서 속도정보를 갱신(업데이트)함

② 역방향 장내신호기는 2현시(정지, 진행) 이지만 텔레그램 입력은 3현시 체계(진행 출력시 출발 현시 조건 포함)로 입력한다.

③ 역방향으로 역간 운행시에는 정방향 폐색신호기의 발리스에서 역방향 운전정보를 제공하여야 한다.

④ 역방향 운행시 역방향 출발발리스 및 폐색 정방향 발리스에서 오류 발생시 책임모드로 운행하고, 다음 폐색신호기에서 완전모드로 전환되어 정상운행이 가능하여야 한다.

8. 선로변제어유니트

(1) 신호기의 현시상태 등의 정보를 전송하기 위하여 선로변에 설치한 선로변제어유니트 내부의 검지보드는 다음과 같이 분류 한다.

① 신호등 현시상태 검지방식

② 계전기 접점 검지방식

(2) 외함

① 실내용은 19인치 표준랙을 사용하여야 한다.

② 실외용의 제어유니트 취부볼트 간격은 가로 580㎜, 세로 400㎜로 한다.

(3) 기초

① 토공구간 : 콘크리트(W710×D510×H950)

② 교량 및 터널구간 : 철재(W720×D520×높이 가변)

9. 선로 임시속도 제한

선로의 임시 속도제한을 적용할 경우 다음 각 호의 사항을 적용 하여야 한다.

(1) 해당 구간 운행 제한 속도로 제동이 가능한 거리이상에 설치하여야 한다.

(2) 텔레그램에는 고유한 임시 속도제한 번호를 부여하여야 한다.

10. ATP운행 차량의 속도체계

ATP와 ATS를 혼용하는 구간에서 ATP로 운행하는 차량의 속도체계는 그 구간의 노반, 궤도, 전차선 등 제반조건에 따라 속도체계를 결정하여야 한다.

11. 선로변제어유니트(LEU)의 고장표시

(1) LEU의 고장여부를 확인할 수 있도록 기존 유지보수설비인 궤도회로기능감시장치의 모니터링 모니터에 동작상태(정상/고장)를 표시하여야 한다.

(2) LEU 심벌 및 상태표시는 다음과 같이 한다.

LEU 상태	심볼 형상	바탕색	글자색	비 고
정상	LEU	연두색	검정색	가로, 세로 크기: 신호기와 동일
비정상(고장)	LEU	빨강색	검정색	위치: 신호기 위(기본)/옆

※ 비정상(고장)시 심볼(LEU) 형상이 점멸한다.

12. 선로변제어유니트와 발리스간 케이블 연결

(1) 선로변제어유니트와 발리스는 전송케이블을 통하여 통신한다.

(2) 발리스 케이블은 케이블 헷드를 경유하여 선로변제어유니트에 연결된다

(3) 인필발리스를 설치하는 경우 신호계전기실내의 선로변제어유니트와 발리스 케이블 헷드간의 케이블 설치는 선로변제어유니트에서 가까운 발리스(메인, 인필) 케이블 헷드간에는 케이블 4회선을 설치하고 케이블 헷드간은 케이블 2회선을 설치한다.

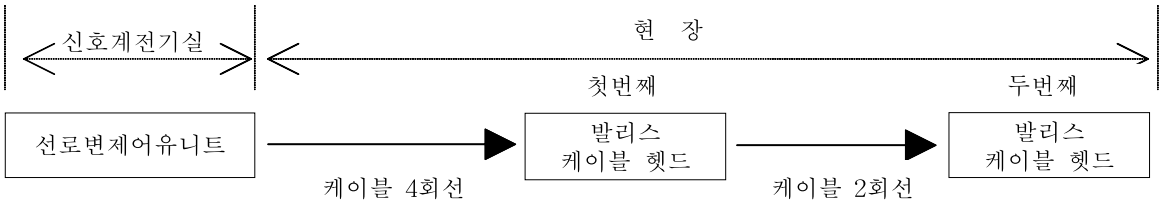


그림 14. 선로변제어유니트와 발리스 단자함간 케이블 설치도

해설 1. 열차자동방호장치(ATP : Automatic Train Protection)

1. 개 요

ATP는 열차검지, 선행열차와 속행열차 사이의 거리유지, 진로연동 및 속도제한 등을 통해 안전한 열차운영을 유지하는 ATC 하부시스템으로 폐색구간 경계지점에 설치한 지상자(발리스, 비콘, 루프 등)를 통하여 열차간 운행정보를 상호 교환하여 최소제동거리를 확보함으로써 운전시격의 단축, 선로용량 증가 및 열차 추돌에 따른 열차보호를 실행하는 장치이다.

2. ATP 장치의 구성

시스템의 구성으로 지상설비는 발리스(Balise), 신호부호전송기(Encoder)로 구성되어 있으며, 차내설비는 차내컴퓨터(Evaluation Unit), 차내표시반(Indication Panel), 데이터반(Data Panel), 안테나, 기록장치로 구성되어 있다.

2.1 지상설비

2.1.1 발리스

발리스(Balise)는 송신용과 수신용 안테나로 구성되어 있으며, 모든 발리스는 유리섬유 강화적층판이나 PVC로 제작하며 무전원으로 사용한다. 데이터 전송에 필요한 전원은 차내안테나가 발리스 위를 통과할 때 공급되어진다. 이와 같은 전원은 수신용 안테나에 의해 수전되고 메시지 전송은 송신용 안테나에 의해 열차에 전송된다. 차내안테나에 의해 전송되는 주사신호(Scanning Signal)는 발리스의 수신용 안테나에 의해 수신된다.

발리스는 일반적으로 정상적인 열차운행방향에 따라 A와 B의 발리스를 설치하며 5‰ 이상의 급구배구간에서는 정지거리 또는 속도제한거리가 최소한 1,500m 이상 소요되므로 C 발리스를 설치하여야 한다. 전송되는 정보의 질에 따라 한 지점에 최대 5개의 발리스를 통합 설치할 수 있으며 한 개의 동일한 정보를 제공하는 발리스 사이의 거리는 2.3~3.5m 이격하여 설치하고 서로 다른 정보를 제공하는 발리스간의 거리는 최소 10.5m 이상 이격하여 설치하여야 한다. 발리스에는 다음과 같은 3종류가 있다.

(1) 영구적인 정보를 제공하는 F(Fixed)

외부조작에 의해 메시지를 변경시킬 수 없는 발리스를 말하며, 이 발리스는 고정된 정보(속도제한, 선로지장작업을 위한 임시속도제한 등)를 제공하는 데 사용한다.

(2) 제어지상자 또는 “S″ 발리스(S=Signal)

부호 “X″ 또는 ”Y″는 신호부호변환기(Encoder)의 외부조작에 의해 제어될 수 있다. 이 발리스는 변경될 수 있는 정보(신호, 다양한 속도표시등)를 제공하기 위하여 설치한다.

(3) M(표시)

"A" 발리스에 의해 모든 정보가 전송될 때 "B" 발리스 대신 사용할 수 있는 간소화된 발리스이다. 각각의 발리스는 부호 "X"에 의해 증명된 특수한 기능(속도, 거리, 구내특수기능 등)을 수행하고 이 부호는 적절한 값의 Encoding Card에 의해 발리스 자체에서 영구적으로 부호화된다. 부호 "Y"와 "Z"는 발리스의 기능에 따라 다르게 해석된다.

2.1.2 신호부호전송기

신호부호전송기(Encoder)는 신호기 또는 속도제한패널의 발리스 사이의 인터페이스를 가능하게 만들어 준다.

신호부호전송기는 역기계실 또는 현장기구함에 수용할 수 있으며 궤도변 박스(Box)에 설치할 수 있다. 신호기 또는 속도표시패널에 대한 인터페이스는 신호부호전송기에 의해 이루어진다. 예를 들면 신호부호전송기는 다음과 같은 경우에 필요하게 된다.

(1) 폐색신호 현시와 속도표시

(2) 허용신호 또는 비허용신호(절대신호)의 폐색시스템 표시

(3) 진행신호를 지시하는 인접신호기 자체의 신호현시 표시(전방 약 300m 정도 떨어져 있는 지점에 위치한 신호기)

2.2 차내설비

2.2.1 차내컴퓨터

차내컴퓨터(Evaluation Unit)는 자체 변환기에 의해 전력을 공급받으며 안테나, 차내표시반, 속도측정장치, 및 제동장치와 연결되어 있다.

2.2.2 차내표시반

차내표시반(Indication Panel)은 표시반과 데이터반 등 2개의 패널로 구성되어 있으며 운전실마다 설치한다. 이 차내표시반은 1개의 Box에 2개의 표시유니트가 내장되며 주표시반에는 최고속도를 보조표시반에는 목표속도를 표시하게 되며 시스템 운용을 위해 필요한 여러 가지의 표시등과 버튼이 포함되어 있다.

데이터반은 기관사가 열차의 특성을 입력할 수 있도록 구성되어 있으며 입력데이터는 다음과 같다.

(1) 최대허용속도(10㎞/h 단위)

(2) 열차길이(100m 단위)

(3) 열차감속력[㎧]

(4) 열차종별(여객 열차, 화물 열차, 디젤동차, 전기동차 등)

2.2.3 안테나

안테나는 차량전부의 하부에 설치하며 차내 컴퓨터와 연결된다. 차내설비가 동작을 시작하면 이 안테나에서는 지상자에 전원을 공급하거나 정보를 수신한다.

2.2.4 기록장치

기록장치는 열차로부터의 정보나 지상으로부터 제공된 정보를 저장하며 고장이 발생할 때에 비휘발성 메모리에 저장된 정보는 휴대용 마이크로컴퓨터로 읽어 고장 수리, 분석에 활용된다.

2.3 ATP의 기능

2.3.1 과속도 방어

안전성의 개념에 따라 열차에 주어진 제한속도를 초과하지 않도록 보장하는 기능으로 과속도 방어는 실제속도와 제한된 최고속도 사이의 비교에 의해 주어진다.

(1) 제한속도 코드 : 선행열차와 후속열차 사이의 거리유지, 진로연동 및 열차감시 절차로부터 제공한다.

(2) 열차허용속도 : 궤도관련 정보로부터 제공한다.

2.3.2 선행/후행 열차거리 유지

동일선로 상에서 열차사이의 충돌을 피하기 위해 선행열차와 후속열차 사이의 충분한 이격거리를 유지하는 기능으로 이는 실제적인 제동가능과 과속도 방어에 사용되는 최대허용운행속도 사이의 관계에 의해 주어진다.

2.3.3 열차검지

열차검지는 모든 열차가 위치해 있는 궤도의 위치를 결정한다. 대부분의 경우, 열차의 위치는 절대적으로 기록되며, 열차속도는 열차가 최종적으로 검출된 위치에 있어서는 “0”로 가정한다. 열차위치의 예측기법은 사용기술에 의존하며, 정확성을 요구한다.

2.3.4 궤도 및 열차감시

궤도 및 열차감시 기능은 비정상 상태발생에 대한 경보시스템으로 주어진다. 열차감시는 열차의 접촉, 화재, 제동시스템의 결함 또는 제동능력의 감쇠 등으로 분류되며, 궤도감시는 레일절손 또는 건널목 통과차량의 건널목 통과 장애 등으로 표시된다.

2.3.5 진로연동

진로연동에 있어서 “진로”의 개념은 열차의 이동시작점, 목적지 및 열차가 사용할 궤도를 의미한다. 진로연동은 먼저 설정된 진로 내에 다른 열차가 존재하는지 유무를 확인한 후, 설정된 진로에 대해 선행 점유열차가 존재하지 않을 경우, 진로를 설정하여 열차가 진행할 수 있다. 그러나 요청된 진로가 점유되어 있거나 사용할 수 없는 경우, 열차는 선행열차와 후속열차 사이의 거리유지방식에 의해 열차운행을 실행한다.

해설 2. 열차자동감시장치(ATS : Automatic Train Supervision)

1. 개 요

ATS는 열차상태감시 및 열차운영패턴을 유지하기 위해 열차운영명령에 대한 적절한 통제를 실행하는 ATC 하부시스템으로 열차의 도착과 출발을 ATS에 의해 각각의 역에서 통제하는데 이는 현장의 자동장치에 의한 통제와 열차운행제어 컴퓨터(TTC) 프로그램에 의해 자동적으로 조정되는 두 가지 경우가 있다.

2. ATS의 기능

선로 또는 폐색구간에 있어서 각 열차에 대한 실제위치 및 속도에 관련된 실시간(Real-Time) 정보를 수집하여 스냅사진 형식으로 전송된다. 이러한 정보는 선로의 예측상태와 현재의 스케줄에 기본을 두고 수정, 분석된다. 만약 선로의 예측상태가 실제 선로상태와 다를 경우, “실시간 열차성능감시” 기능은 열차운행을 계획대로 실행하기 위한 전략적 결정을 수행한다. 이는 열차가 예정된 정지점에서 대기하는 시간의 증가 또는 감소, 노선에 따른 중간 속도코드의 도입, 수정된 가속/감속 프로파일의 도입 등의 작용을 한다. 그 결과, 최적의 조정이 선택되면 이 정보는 “열차 Dispatching″과 ”속도 제한“ 절차로 전송된다.

2.1 경보 및 오동작 기록

선로장비의 조작특성을 감시하는 역할을 실행한다. 이는 “실시간 열차성능감시” 및 “궤도 및 열차감시” 기능으로부터 화재, 비작동스위치, 과다한 2중계(Redundant) 구성요소 적용, 주 전력상실, 등의 특별한 사건에 대한 정보를 수집한다. 이들 정보는 사건 발생장소에서의 실제사건, 사건의 심각성, 궤도위치, 사건시각 및 열차확인 또는 사건 발생에 관련된 장비, 등도 포함한다. 이에 대해 “궤도 및 열차감시” 기능은 철도의 안전성에 관련된 사건 및 열차의 진로재구성과 같은 동작의 방지를 위해 작용한다.

2.2 진로설정

각 열차의 상세한 진로를 설정하기 위해 “스케줄 구성” 기능으로부터 입력을 제공받으며, 진로설정기능은 모든 열차의 효과적인 운행을 위하여 이용 가능한 궤도의 모든 진로 각각에 대한 장점을 제공할 수 있는 최적화된 알고리즘을 사용한다. 만약 추가로 주어진 가동 불가능한 열차에 따른 진로상실 등과 같은 실시간 정보가 수동으로 추가될 경우, “진로설정” 기능은 모든 트립의 보장 및 우선 순위에 의해 설정된 전반적인 진로설정도를 재편성하게 된다. 이에 따라 “진로설정“ 정보의 실행은 ”열차 출발(Dispatching)″ 기능을 거쳐 실행된다.

2.3 스케줄구성

어떤 열차가 어떤 장소에서 몇 시에, 이동할 것인가를 결정한다. 스케줄 실행 이전에 시뮬레이션, 시험 및 수정이 실행된다. 이에 따라 “스케줄 구성″ 기능은 ”진로설정“ 및 ”진로제어“ 기능의 입력으로 주어지는 관련된 열차의 종별, 시발역, 도착역, 및 출발시간, 등을 제공한다.

2.4 열차 출발(Dispatching)기능

노선에 의한 출발과 시간에 의한 출발의 두 종류로 분류한다. 노선에 의한 출발의 경우, 열차의 이동은 ATO 또는 ATP의 진행 절차에 의해 초기화되며, “진로 요청” 메시지는 “진로연동” 기능으로, “출발준비” 메시지는 “열차출발” 기능으로 전송된다. 시간에 의한 출발의 경우, 진로는 이미 확보되어 있으며, 열차는 역 또는 진로의 대피점에 정지해 있게 된다. 따라서 “열차 출발(Dispatching)″ 기능은 지속적으로 시스템을 감시하며, 적절한 시간에 ”열차출발“ 기능인 ”출발준비“ 메시지를 전송한다.

해설 3. 유럽열차제어시스템(ERTMS/ETCS)

1. 개요

ERTMS/ETCS Level.1 차내신호시스템은 지상설비와 차내설비로 구분되고, 지상설비는 발리스그룹과 선로변제어유니트로 구성되어 있으며, 차내설비는 발리스전송모듈(BTM)과 안테나장치(CAU), 차내컴퓨터, 운전자인터페이스(MMI), 입출력장치, 기록장치(RU) 등으로 구성되어 있다.

2. 유럽열차제어시스템의 기능

ERTMS/ETCS는 열차제어에 있어서 서로 다른 시스템의 호환성을 구현하기 위하여 기능별 차이점은 정보를 무선장치와 발리스를 통해 수신하는 방법과 데이터의 양을 표준화하여야 한다. ERTMS/ETCS는 3가지의 다른 기능 레벨이 있으며 각각이 주요 차이는 정보를 수신하는 방법(무선 또는 발리스)과 수신되는 데이터의 양이다. 그중 레벨과 관계없이 동일한 기본적인 기능이 제공되는 것은 이동권한의 부여, 열차위치 및 속도감시이다.

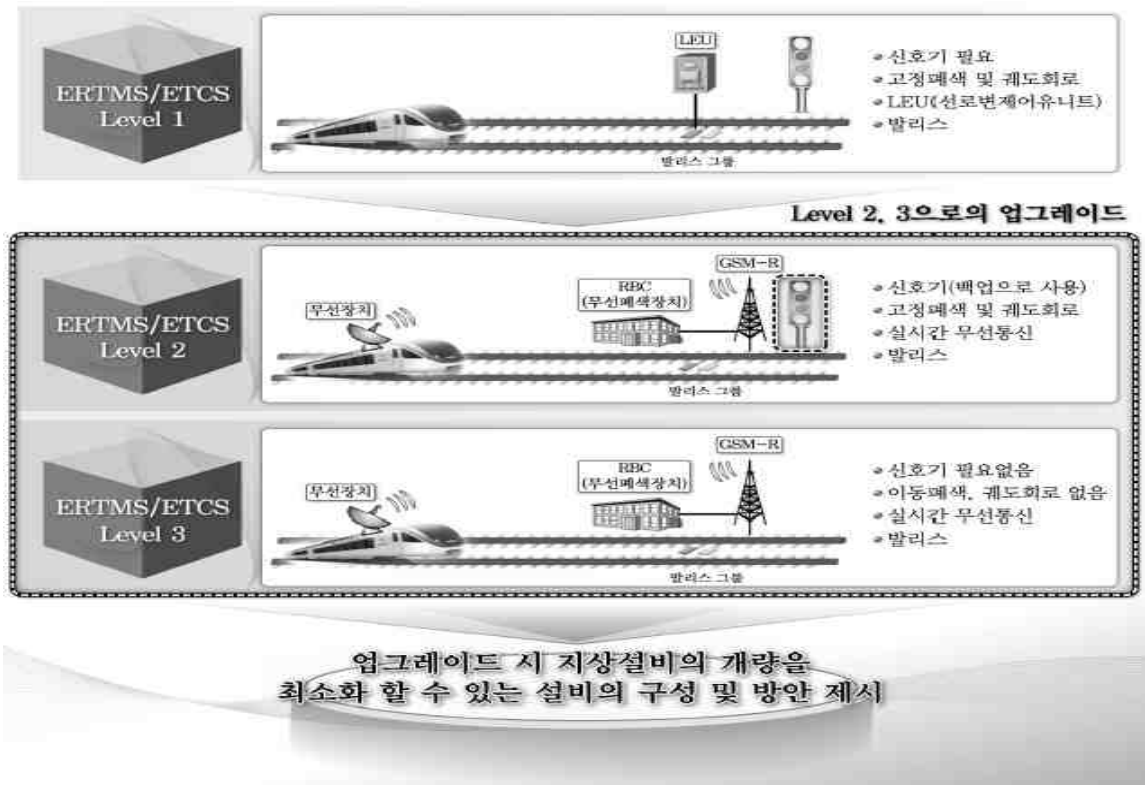


그림 1. ERTMS/ETCS 구성도

표 1. ETCS 레벨특성

Level 1	Level 2	Level 3
고정폐색	고정폐색	이동폐색
Balise에 의한 정보전송	Radio에 의한 정보전송	Radio에 의한 정보전송
궤도회로/차축계수기	궤도회로/차축계수기	×
지상신호기 사용	지상신호기 사용 또는 비사용	×

2.1 Level 1

(1) ERTMS/ETCS Level 1 시스템은 열차제어시스템을 기반으로 하며 기존 신호시스템에 추가적인 시스템을 설치하는 점제어 방식의 불연속 정보전송 시스템이다.

(2) 열차 운행 승인은 지상에서 발생하며 발리스를 통해 열차에 전송된다.

(3) Level 1 시스템 상에서 선로변 신호기의 발리스를 지나기 전까지는 그 정보를 받을 수 없어 열차는 최대허용속도보다 낮은 속도로 열차정지 지점에 접근하므로 선로용량은 낮다.

(4) ERTMS/ETCS Level 1 시스템에 신호기 전방 300~400m에 인필(In-fill)발리스를 설치할 경우 선로의 성능 및 안전성이 향상되고 선로용량이 증대된다.

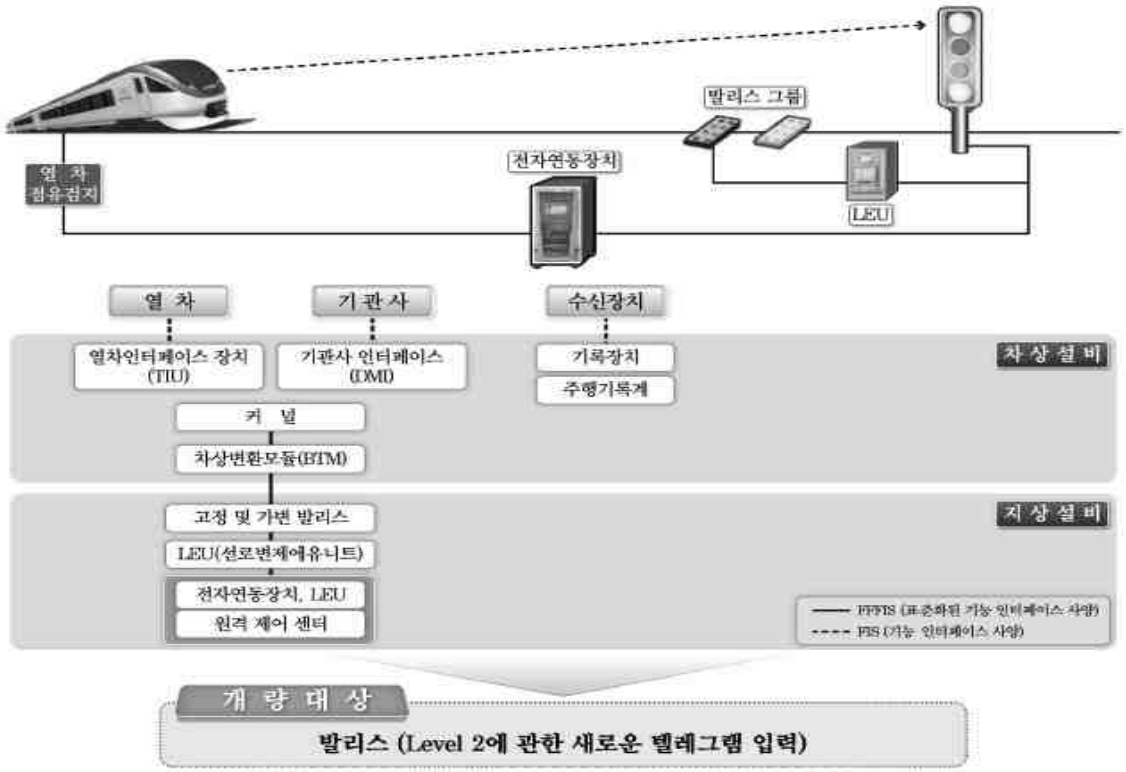


그림 2. ERTMS/ETCS Level 1 구성도

2.2 Level 2

(1) ERTMS/ETCS Level 2 시스템은 기존의 신호시스템에 추가적인 설치가 가능한 열차 제어시스템을 기반으로 하는 무선통신방식의 시스템이다.

(2) 무선폐색센터(RBC) 설치는 레벨(Level) 1 시스템에서 발리스의 역할인 열차의 이동권한을 레벨(Level) 2 에서는 무선폐색센터(RBC)가 수행한다.

(3) GSM-R 무선 안테나 설치는 차내의 무선설비와 무선폐색센터(RBC)간 양방향 통신에 사용이 된다. 현재 GSM-R 주파수는 국내 실정에 맞지 않아 LTE-R과 같은 국내통신환경에 맞는 모듈을 만들어 설치한다.

(4) 위치 참조를 위해 발리스를 사용하고, 불연속 정보전송 장치로 활용한다.

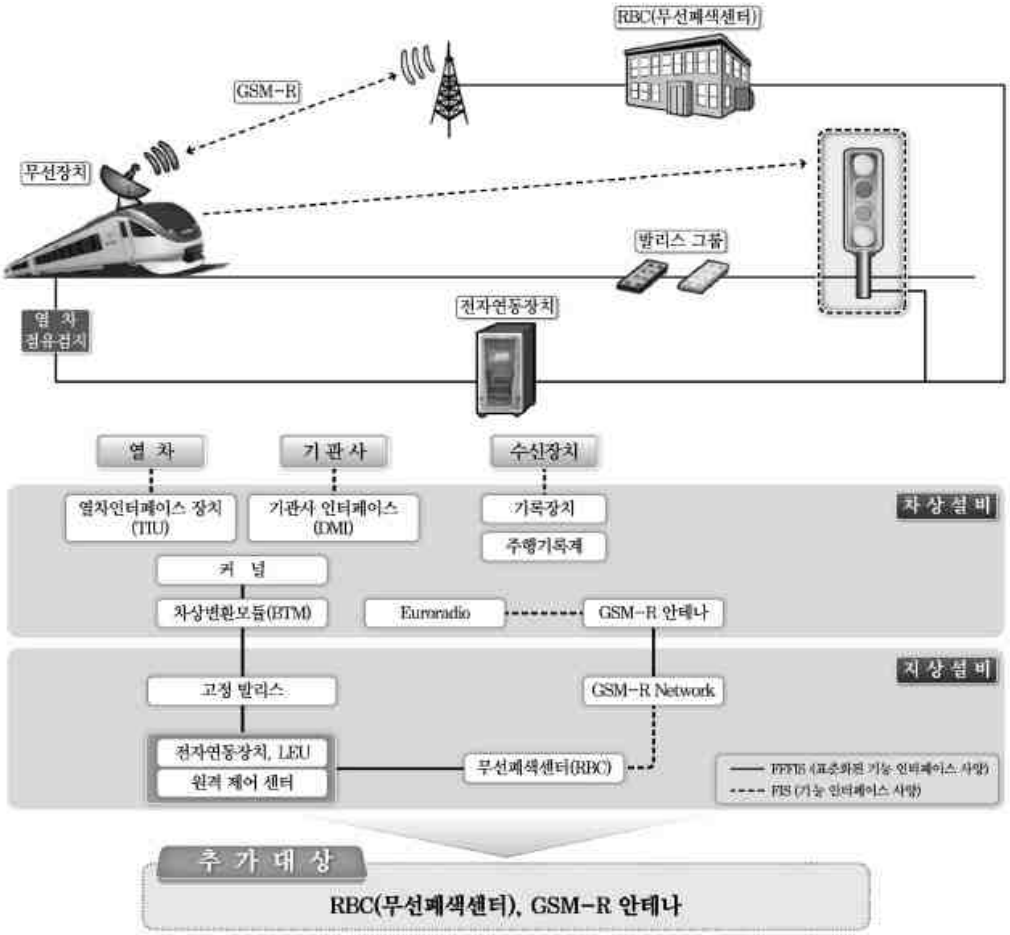


그림 3. ERTMS/ETCS Level 2 구성도

2.3 Level 3

(1) ERTMS/ETCS 레벨(Level) 3 시스템은 레벨(Level) 2 시스템에 궤도회로를 대신하는 열차 위치 검지 무선설비가 추가된다.

(2) 열차운행 승인은 레벨(Level) 2와 마찬가지로 무선폐색센터(RBC)에 의해 지상장치로부터 이루어지며 GSM-R을 통해 열차에 전송된다.

(3) 레벨(Level) 3 시스템은 레벨(Level) 2와 비교하여 신호기와 궤도회로가 필요없고 이동폐색이며, 선로변 설비가 거의 없는 시스템이다.

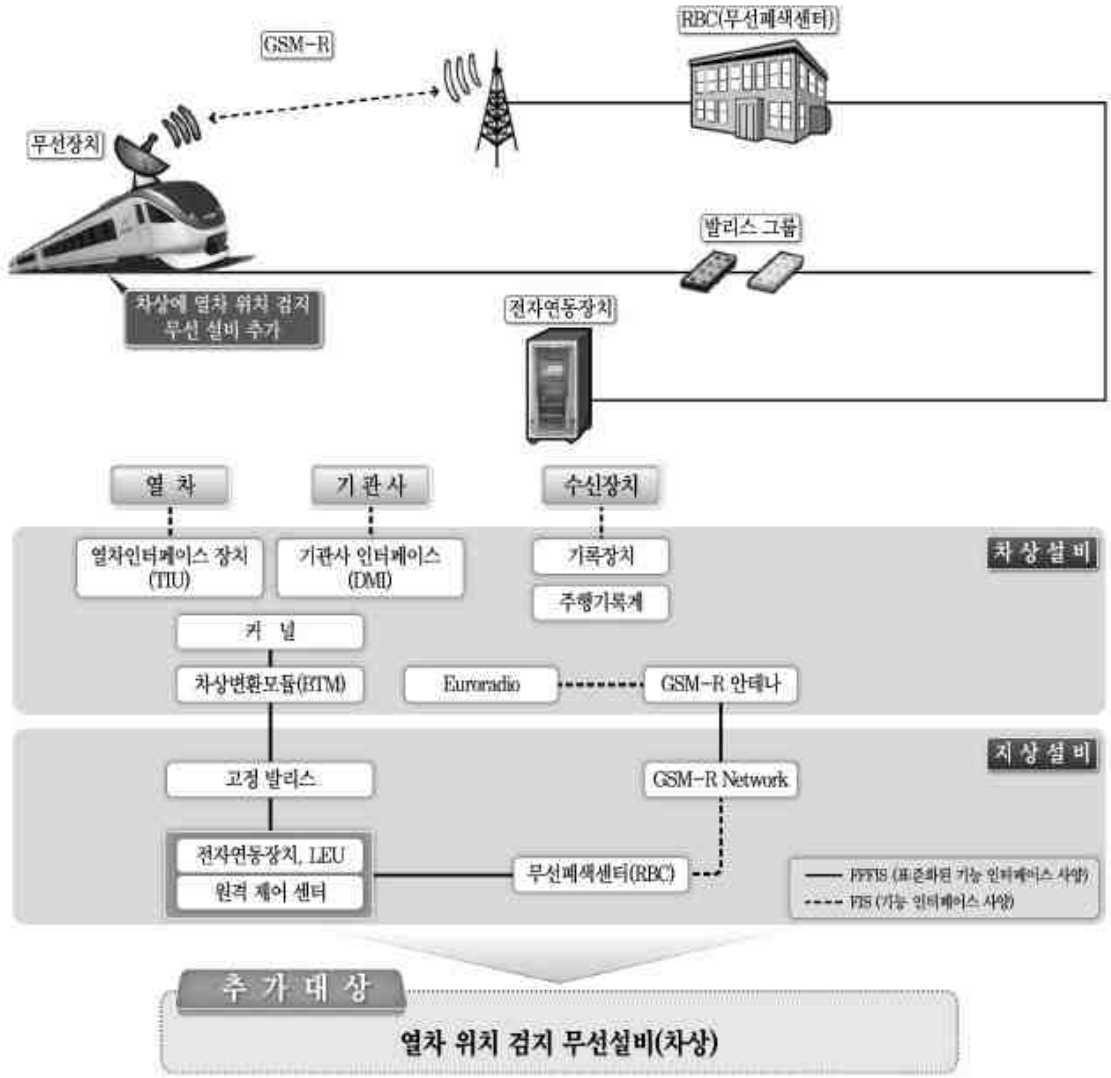


그림 4. ERTMS/ETCS Level 3 구성도

3. 지상설비

3.1 선로변제어유니트(LEU : Lineside Electronic Unit)

(1) 선로변제어유니트에 필요한 PCB의 구성은 지상장비 현장설계 중 결정되어야 하고, 설비공급 시 각각의 선로변제어유니트는 구체적인 PCB를 구성하여야 한다.

(2) 선로변제어유니트는 출력이 되지 않도록 프로그래밍 되므로 데이터는 현장이나 실내에서 발리스 드라이버보드와 마더보드에 다운로드 된다. 따라서 프로그램 시 각각의 선로변제어유니트는 하나의 특정한 설치 위치로 지정되도록 하여야 한다.

(3) 발리스 지상신호시스템과 전원에서 나오는 케이블을 선로변제어유니트의 터미널블록으로 연결해야 하며, 터미널블록에서 나오는 전선은 선로변제어유니트의 하단에 있는 케이블 인입구를 통해 선로변제어유니트로 인입되도록 하고 각 PCB의 전면의 커넥터로 연결되도록 전선관로를 설치하여야 한다.

(4) 신호기와 선로변제어유니트간의 거리에 따라 제어케이블의 선종을 결정하여야 한다.

(5) 선로변제어유니트에는 낙뢰보호장비와 구성변경의 경우(예 PCB 추가)를 위해 추가적인 터미널블록 모듈을 설치하기 위한 충분한 공간이 있어야 한다.

3.2 발리스(Eurobalise)

(1) 발리스의 설치 위치는 발리스 전송시스템의 설계시 정확한 위치가 명확하게 제시되어야 한다.

(2) 선로의 특정한 환경에 따라 발리스들의 배치가 허용되지 않는 경우들이 있을 수 있으므로 선로변 금속물, 현장 요구사항 및 안전성 규제 등을 검토하여 설치위치를 선정하여야 한다.

(3) 선로전환기들과 레일이음매 가까이에 위치한 발리스들로부터의 혼선(Cross-Talk)의 위험이 있으므로 설치위치를 정확히 하여야 한다.

3.3 선로변제어유니트와 발리스의 연결

(1) 선로변제어유니트와 발리스는 발리스케이블을 경유하여 통신하고, 선로변제어유니트에서 발리스까지의 텔레그램은 케이블에서 직렬비트의 흐름으로 전송된다. 케이블은 터미널블록을 경유하여 선로변제어유니트로 연결된다.

(2) 발리스 전송케이블은 승인된 케이블을 적용하여야 한다.

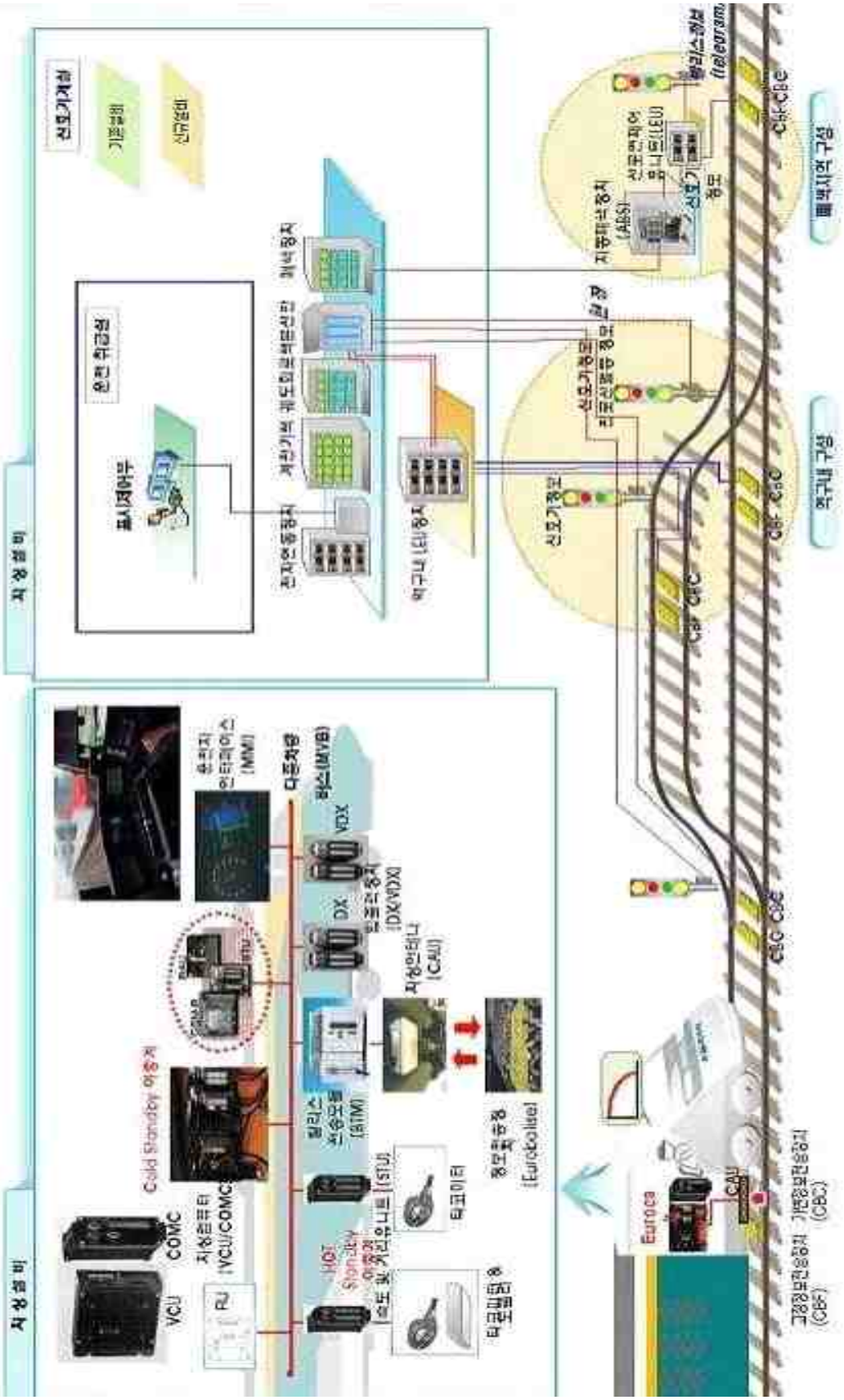


그림 5. 선로변제어유니트와 발리스의 관계

4. 시스템의 적용

4.1 주요기능

ERTMS/ETCS 시스템은 3단계에 대해 공통적으로 기능과 메시지 형식이 표준화 되어 있어 ERTMS/ETCS가 설치된 열차는 국경을 넘어서 다른 종류의 시스템이 설치된 구간으로도 운행할 수 있다.

또 다른 ERTMS/ETCS 통합목적은 높은 신뢰성을 갖는 시스템을 구축하여 열차를 효율적이고 안전하게 제어할 뿐 아니라 장비와 인건비를 절감하는 것이다.

열차의 안전운행을 제어하기 위한 기본적인 방안은 다음과 같다.

- 열차에 운행권한을 부여한다.
- 열차에 속도패턴과 구배속도제한 등을 단일화시킨다.
- 각 열차의 차내에서는 열차운행과 허용속도 및 지상장치로부터 수신되는 정보들을 이용하여 안전운행을 확보한다. 기관사가 조작패널 상에 현시되는 속도의 제한을 무시하면 차내시스템은 자동적으로 열차의 운행을 통제한다.

1단계의 시스템에서는 기관사는 지상신호기의 현시에 따라 운행하므로 지상과 차내의 정보전송은 단방향으로 전송된다. 운전정보는 유로발리스라는 지상자를 통해서 차내시스템에 전송되는 반면 2단계 및 3단계에서의 정보는 주로 무선장치를 통해서 전송되고 전송방향은 양방향이다. 무선장치로는 GSM-R이 ERTMS/ETCS의 표준안으로 채택되어 3단계에서는 통상적인 시스템과 비교하여 열차검지의 방법이 변경된다.

1단계와 2단계에서 궤도회로와 차축계수기는 열차검지기능으로 사용되고 2단계에서는 무선장치를 통해 운행위치를 알리는 형태이다.

4.2 특성

표준화된 정보의 송수신이 가능한 텔레그램 형식은 ERTMS/ETCS 열차제어 시스템의 기본개념이며 이는 다음과 같은 특성이 있다.

4.2.1 인력 및 비용절감

2, 3단계에서는 무선통신방식에 의한 정보교환으로 신호기 및 궤도회로 등의 지상설비의 필요성이 감소하게 된다. 따라서 설치비와 유지보수 및 예비품 등에 대한 비용이 현저하게 절감된다.

4.2.2 운영의 최적화

열차운영의 효율성이 증가됨에 따라 경상비용이 절약되고 열차운행의 시간의 감소로 열차운행의 최적화를 기할 수 있다. 이동폐색원리를 응용한 열차운전은 더욱 효율적인 열차제어의 방식을 제시하여 준다. 또 이동폐색에서는 종래의 신호설비와는 달리 선행열차의 운행이 최후부까지 허용된다.

이는 운전시격을 단축시킬 수 있음을 의미한다. 따라서 높은 단계의 열차운행의 안전성을 유지하면서도 선로용량을 최대로 증대시키고 짧은 운행시간을 달성할 수 있다.

4.2.3 안전도의 증가

열차의 운행은 운행속도 및 위치에 따라 지속적으로 감시된다. 기관사가 열차의 안전운행을 무시하는 경우에는 ATP장치가 이를 기관사에게 경고하고 다음 단계로 열차제동 등 열차보호장치가 작동하게 된다.

4.2.4 상호 호환운전

ERTMS/ETCS 시스템의 기능과 텔레그램 형식은 표준화되어 있다. 이는 같은 열차가 국경을 넘어 다른 단계의 시스템에서 ATP나 기관사를 교체하지 않더라도 열차 운행이 가능하다.

ERTMS/ETCS 시스템은 다른 장치의 기능에 영향을 받지 않으며 장비의 형식에 따라 기술적인 적용에 제한을 받지 않는다. 따라서 지속적으로 설비의 표준화를 기할 수 있고 융통성 있는 시스템 개량이 가능한 것이다.

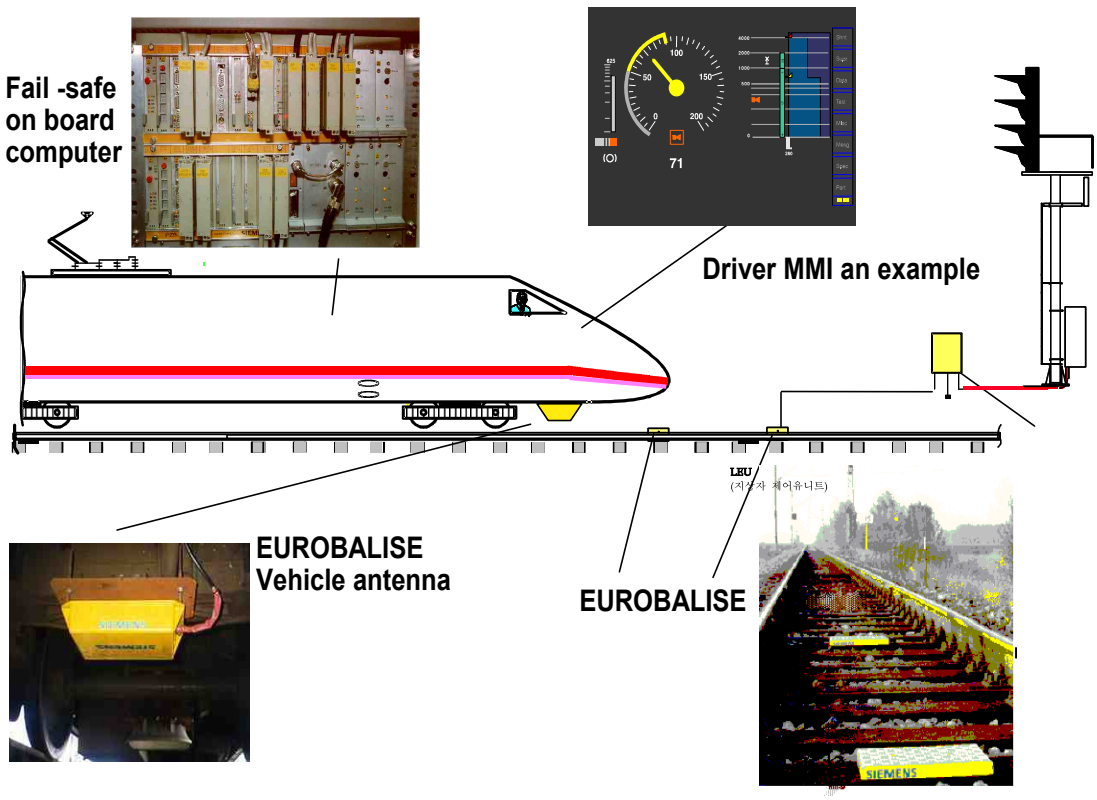


그림 7. 유럽열차제어시스템 구성

4.3 구성

4.3.1 지상장치

ERTMS/ETCS 시스템은 표준화된 설비에 근거하여 구성된다. 시스템의 구성과 각각의 기본적인 기능은 다음과 같다.

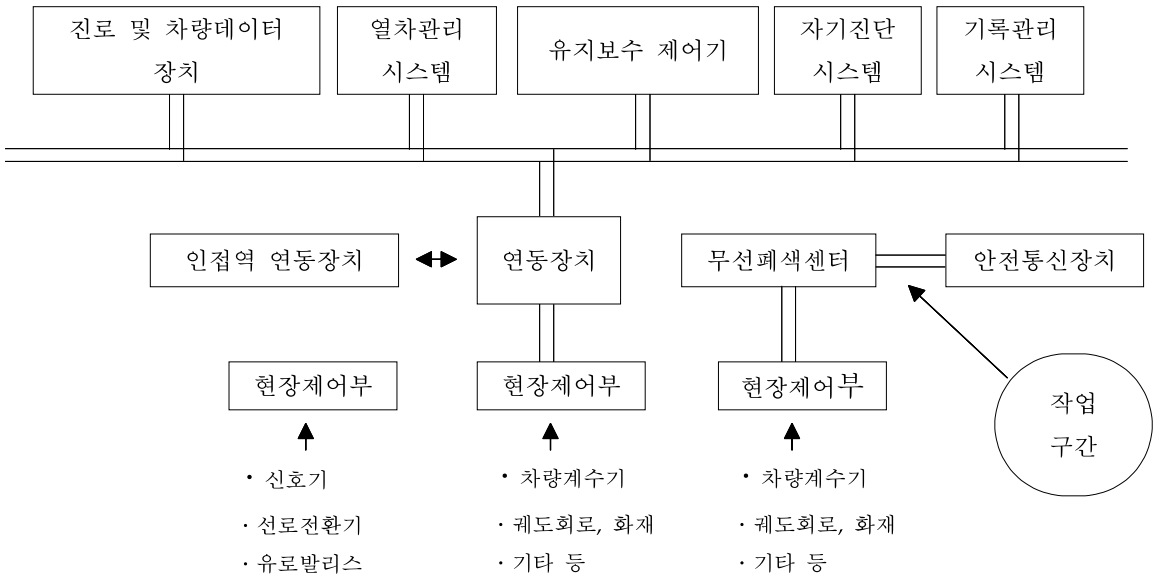


그림 8. ERTMS/ETCS 지상설비 구성

4.3.2 차내장치

차내장치 하드웨어는 설치를 위한 서브랙을 별도로 필요로 하지 않는 별도 외함을 갖춘 다수의 장치를 포함한다. 이 장치들은 열차 곳곳에 분산 설치될 수 있으며, 인터페이스 장치에 근접하게 설치할 수 있다. 또한 주요 배선을 열차 내에 배치할 때에는 중앙집중식으로도 설치될 수 있다. 이 장치들은 강제냉각장치를 필요로 하지 않는다. <그림 9>는 차내 장치를 분산 설치한 예를 나타낸다.

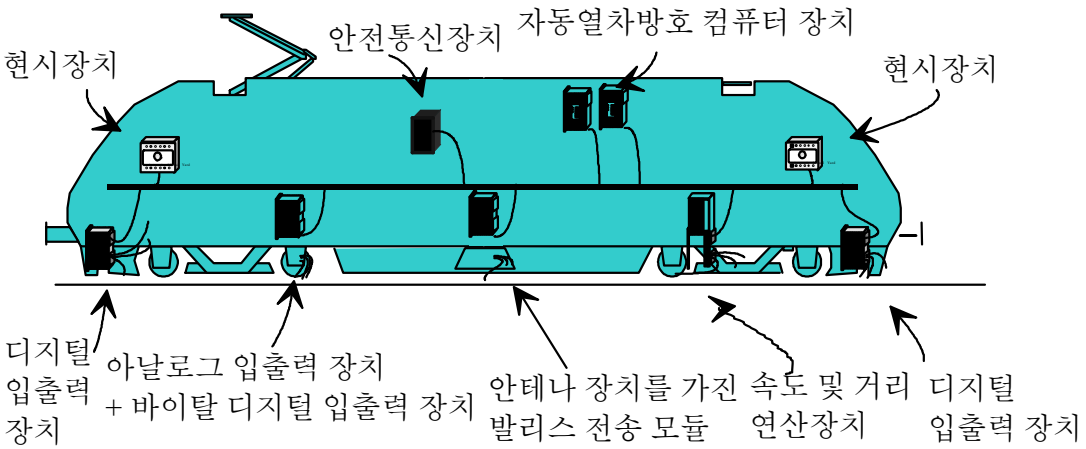


그림 9. 차내시스템의 분산설치(예)

4.4 동작원리

4.4.1 열차운행정보

열차운행을 위한 정보는 다음과 같은 2가지 형식의 정보가 열차의 안전한 운행을 위해 필수적이다.

- 이동권한 : 이동할 수 있도록 허용된 거리
- 진로를 설명하는 궤도데이터 : 구배, 허용속도, 지상 Object(예를 들어 발리스)의 위치 등의 내용을 포함

이동권한은 필수적인 명령이며, 지상시스템으로부터 각 열차에 부여되며 열차의 전방으로부터 운행하도록 허용되는 거리를 제한한다. 이동의 권한은 거리제한과 목표속도(대개의 경우 0임)를 포함한다. 이동의 권한감시는 지상시스템과 열차시스템의 통합을 통해서 가능하고 지상시스템은 이동권한을 계산하고, 차내 ATP는 운전자가 실수하는 경우를 대비하여 이동권한을 감시하는 책임이 있다. 이동권한의 길이, 목표속도, 허용속도 및 실제속도에 근거하여, 제동곡선이 각 열차에서 계산하고 차내열차제어시스템에서 계산되는 제동곡선은 <그림 10>과 같이 표현한다.

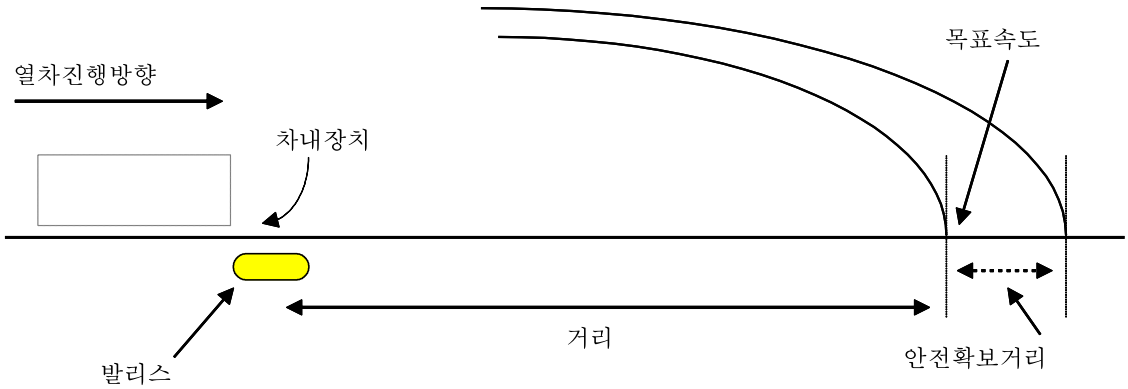


그림 10. 기본 제동곡선

열차가 위치에 따라 운행상태를 감시하고 있는 것을 보장하기 위해서 고유의 식별코드를 갖고 있는 발리스가 궤도에 배치되고 식별코드는 지상 시스템에서 전달되는 정보를 평가할 때 열차에서 기준점으로 사용하는 물리적인 위치를 나타낸다. 모든 지상정보는 열차가 통과하는 발리스에 연계되며, 발리스를 통과함으로써 정보의 유효성이 검증된다.

4.4.2 열차사이의 안전거리

이동권한은 열차가 항상 최소한의 규정된(조정 가능함) 안전거리만큼 서로 분리되어 있음을 보장하기 위해 사용되며 여기에는 고정폐색 방식과 이동폐색 방식의 2가지의 원리가 사용될 수 있다.

(1) 고정폐색원리

고정폐색원리에 근거한 신호시스템에서는 각 이동열차에 안전한 경로로 가정될 수 있는 진로 또는 고정폐색구간이 할당된다. 안전하게 진로를 설정하기 위해서 신호제어시스템은 명확한 방법으로 이 구간에 다른 열차가 점유하지 않았음을 인식하여야 한다. 이 과정은 열차의 존재를 검지하는 궤도회로 또는 차축계수기(Axle Counter)를 이용하여 구현된다. 한 번에 한 개의 열차만이 고정폐색구간을 점유하도록 허용된다.

고정폐색원리에 근거한 이동권한은 쇄정된 진로의 종단까지 부여되거나, 선행열차가 있는 경우, 선행열차에 의해 점유된 고정 폐색의 경계까지 부여될 수 있다.

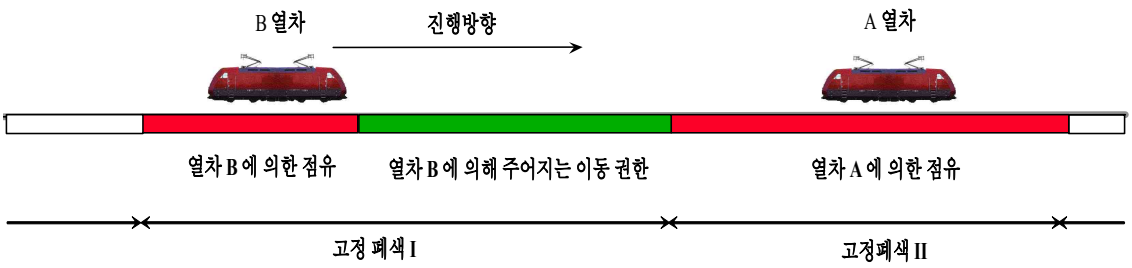


그림 11 고정폐색에 근거한 이동권한

(2) 이동폐색원리

이동폐색원리에 근거한 열차제어시스템에서는 신호기나 궤도회로가 필요하지 않다. 여기서는 쇄정된 궤도구간 및 선행열차의 위치를 고려한 이동권한의 거리가 열차에 의해 점유되지 않은 가장 먼 위치를 근거로 하여 부여된다. 즉, 이동권한은 쇄정된 궤도구간의 종단이나, 선행 열차가 있는 경우, 선행 열차의 최종 확인된 위치까지 (안전거리를 포함하여) 부여된다. 아래 <그림 12>와 같이 표시된 안전거리(Safety Margin)는 선행열차가 정지하고 B 열차가 이동권한의 종단에 도달했을 때를 가정하여 최종적으로 열차가 분리되는 거리이다.

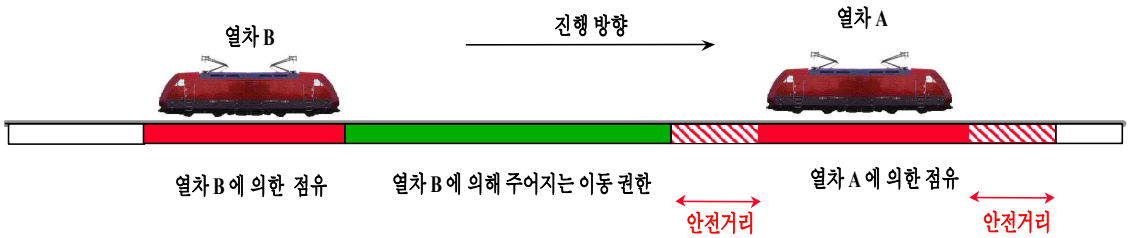


그림 12. 이동폐색에 근거한 이동권한

이동폐색원리에 의한 진로는 이론적으로는 궤도가 한 점에 모이거나, 분리되는 경우, 또는 양방향 운행인 경우에만(여기서는 상충(Conflict)하는 지점에 도입되게 된다) 제한된다. 그러므로 진로 또는 상충 지점간의 거리는 다수의 열차를 포함할 수 있으며 열차의 길이 및 해당되는 이동권한과 안전거리에 의해서만 제한될 수 있다.

4.4.3 열차위치의 검지

열차검지는 궤도회로나 차축 계수기(Axle Counter)를 이용하여 열차 점유위치를 검지하는 여러 가지가 있다.

무선시스템을 도입하게 되면 지상시스템과 결합하여 열차 자체에서 열차위치의 지정을 수행할 수 있다. 열차는 선행열차 위치를 파악하기 위해서 연속적으로 지상시스템에 운행위치를 전송한다. 이 정보는 선행열차가 통과한 정보를 발리스로부터의 거리, 열차의 길이 및 열차의 운행 등이 포함되어 있다. 이 운행정보를 이용하여 무선폐색센터는 최적의 열차운행계획을 수립할 수 있다.

위치 지정장치인 발리스는 통과한 각 열차의 위치를 검지하고 차내 ATP 시스템에서의 최적거리를 측정하기 위해서 사용된다.

4.4.4 열차의 무결성

열차위치의 검지가 궤도회로 또는 차축계수기(Axle Counter)에 의해 감시될 때 열차의 무결성시스템을 통해 감시된다. 열차의 무결성시스템이 차량의 위치를 놓치면 이는 다음의 장치를 통해서 연동장치에 의해 검지된다.

- 열차가 위치한 궤도회로는 계속 점유된 것으로 간주되고 연동장치는 이 궤도구간을 폐색으로 설정한다.
- 차축계수기(Axle Counter)는 차축의 계수값이 기준값과 일치하지 않으면 연동장치는 이 궤도구간을 폐색으로 설정한다.

열차에서 위치를 보고할 때 열차는 열차의 무결성을 확인하여야 하며 이 정보는 무선폐색센터로 위치 보고할 때 포함된다. 열차의 무결성이 더 이상 보장되지 않으면 무선폐색센터는 열차의 후방위치를 갱신시키지 않으며, 보고되는 열차의 길이는 계속 증가하게 되고 분실된 차량이 점유될 수 있는 궤도에 대한 이동권한은 부여되지 않는다.

대부분의 열차운행은 속도가 다양한 형식의 열차를 운행하게 되며, 특히 속도가 상이한 여객열차와 화물열차가 혼합 운행하는 경우가 그렇다. 열차제어시스템은 다양한 열차에 대한 요구를 만족시켜야 하며, 이 기능을 달성하기 위해서 다음과 같이 다양한 방법을 선택할 수 있다.

4.4.5 속도감시

ATP는 열차가 위치하고 있는 궤도상의 허용속도에 따라 열차의 속도를 감시한다. 기관사가 허용속도를 준수하지 않을 때에는 기관사에게 경고벨이 울리고 일정 시간의 반응시간이 지나면 운행을 차단하고 상용제동이 걸려 열차의 속도는 허용속도 이하로 감소하게 된다.

허용속도는 궤도에서 수신되는 고정된 속도패턴에 따라 계산되며 고정된 속도패턴은 열차에서 <그림 13>과 같이 4개의 곡선으로 구성된 각각의 속도패턴으로 변환된다.

각 속도곡선은 경보가 제동력에 대한 각기 다른 제한을 지시하는 속도 곡선은 다음과 같이 구분된다.

- A : 허용곡선(열차에 허용되는 최대운전속도)
- B : 경고곡선(운전자에게 경고가 주어지는 속도)
- C : 상용제동(간섭곡선, 상용제동이 인가되는 속도)
- D : 비상제동(간섭곡선, 비상제동이 인가되는 속도)

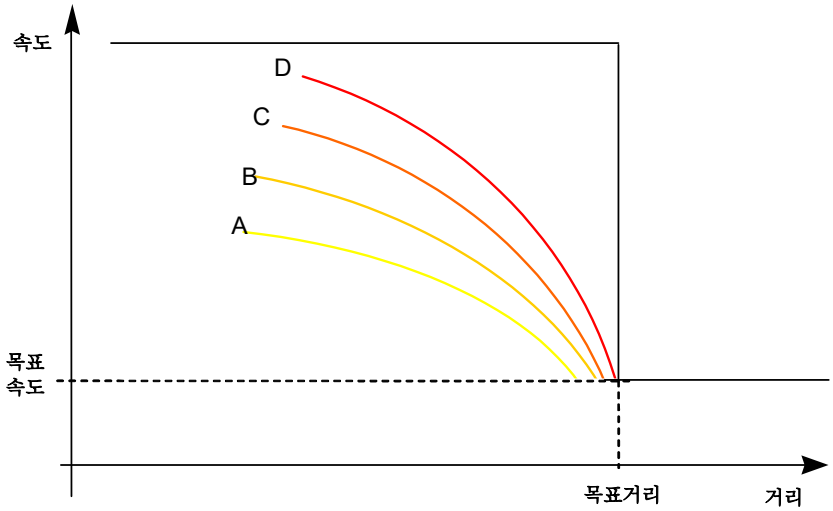


그림 13. 속도곡선

속도곡선을 계산할 때에는 각 열차와 궤도에 대한 데이터(상용/비상제동 감속율, 명령할 때부터 최대 제동력에 도달될 때까지의 제동지연시간, 구배 등)가 고려된다. 이는 효율적인 제동시스템을 갖춘 열차(여객열차)가 불량한 제동시스템을 갖춘 열차(화물 열차)에 비해 제동을 늦게 인가 할 수 있음을 의미한다. 다음의 예는 별도의 속도곡선을 가짐으로 인해 이득이 되는 경우를 설명한 것이다.

- 중량이 무거운 열차는 튼튼하지 않은 다리를 통과할 때 보통열차보다 속도를 낮추어야 할 필요가 있으나 모든 열차에 대해 무거운 열차처럼 속도를 감소할 필요는 없다.
- 개량된 부드러운 보기(Bogie)를 갖는 열차는 휠/궤도에 인가되는 힘(Track Force)의 제한을 증가시키지 않고도 보통열차보다 높은 속도를 갖는 곡선을 적용할 수 있다.
- 틸팅열차는 허용되는 수준의 승차감을 확보하고도 곡선구간을 더 빨리 통과할 수 있다.

또한 속도곡선의 계산에 임시속도제한 또는 영구속도제한이 적용될 수 있다. 임시속도제한은 무선폐색센터가 이용되는 ERTMS/ETCS 2 또는 3단계에서 관제사에 의해 상시 도입이 가능하다.

4.4.6 무선통신

ERTMS/ETCS 시스템은 새로운 차원의 시스템이며 그것은 열차와 지상장치 사이의 통신에 무선설비를 하는 것이다. 유럽에서는 ERTMS/ETCS 시스템용의 표준매체로 GSM-R이 채택되었으나, 호환이 되는 다른 시스템도 지원될 수 있다.

무선통신은 안전통신장치에 의해 수행되며, 안전통신장치는 텔레그램의 암호화 및 유로라디오 프로토콜을 처리하기 위해 사용된다.

안전통신장치는 통신망에서의 데이터의 확실성과 완전성을 보장하며 권한이 부여된 객체의 연결과 인증을 수행한다.

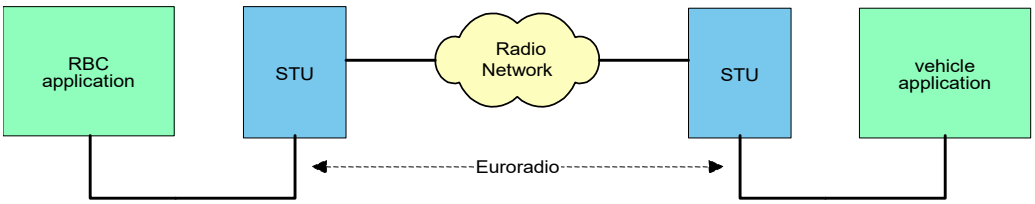


그림 14. 무선폐색센터와 열차 간의 인터페이스

해설 4. 국내의 ATP 시스템

1. ATP 개요

국내 ATP시스템은 ERTMS(European Railway Traffic Management System)을 기반으로 안전하고 상호호환이 가능한 철도교통을 위하여 표준화된 제어시스템이다. ETCS(European Train Control System)는 ERTMS의 일부로 표준화된 요구조건에 따라 신호시스템에 중점을 두고 차내로 차량 움직임에 대한 지속적인 감시기능을 제공하는 고성능 하드웨어와 소프트웨어가 복합된 시스템이다.

본 시스템은 각각 다른 전기동차 형태, 속도 특성, 차륜 둘레, 전원공급전압 및 제동 시스템에 적용되며 안전 측 동작(Fail-Safe)을 갖춘 시스템이다. 시스템 디자인은 CENELEC 표준에서 제시된 방법론에 기초한다.

신호현시, 허용속도 및 기타 선로 조건(이동권한, 속도 프로파일, 구배 등)에 관한 정보는 발리스, 즉 텔레그램을 전송장치를 통하여 차내로 전송된다. 따라서, 이 시스템은 지속적인 열차 감시에 필요한 충분한 데이터를 제공하는 점 제어 방식의 자동 열차 제어 시스템이라 할 수 있다.

시스템의 주요 특징은 광범위한 진단 가능성이다. 시스템의 기능을 처리하는 매우 높은 수준의 정확한 정보는 높은 교통량의 고속 선로에서 이동하는 차량의 광범위하고 안전한 보호를 제공한다. 본 시스템은 다음과 같은 장점을 갖는다.

- 높은 데이터 전송 용량과 성능
- 높은 수준의 무결성을 바탕으로 지속적인 차량 감시
- 진단 및 유지보수의 번거로움 완화
- 기존의 신호 시스템과의 호환성
- 미래의 표준 시스템인 Trans-European-Network에서의 운영 가능성

2. 기 능

ATP 시스템의 모든 단계에서 사용하는 기능과 메시지 형식은 표준화되어 있다. ERTMS/ETCS 시스템의 주요 목적은 높은 신뢰성과 가용성을 갖는 시스템을 공급하여 열차를 효율적이고 안전하게 제어하고, 지상 설비와 유지 보수비를 절감하는데 있다.

차내와 지상의 정보전송은 단방향으로 이루어지며 지상 시스템의 정보는 발리스를 통해 차내 시스템에 전송된다. 다음은 열차의 안전 운행을 제어하기 위한 기본적인 방안이다.

- 열차에 이동 권한을 부여함 : 열차의 이동이 허용되는 거리
- 열차에 궤도 데이터를 부여함 : 속도 패턴, 구배, 또는 속도 제한 구간 등
- 차내에서 이동 권한, 허용 속도 및 지상시스템으로부터 수신되는 명령들을 이용하여 안전 운행을 감시

3. 특 성

3.1 인력 및 비용절감

레벨(Level) 2, 3단계에서는 무선 통신 방식에 근거한 정보의 교환으로 신호기 및 궤도회로 등의 지상설비의 필요성이 감소한다. 따라서 구매, 설치, 유지 보수 및 예비품 등에 대한 비용이 절감된다. 레벨(Level) 1 의 경우에는 규격화된 사양, 제품에 대한 다수 제작사의 경쟁 등에 의한 제품 개발 비용의 절감을 예측할 수 있다.

3.2 운영의 최적화

열차운영의 효율성이 증가됨에 따라 열차운행 시간이 감소되며, 그 결과로 열차운행의 최적화를 달성 할 수 있다. 안정성을 유지하면서도 선로 용량을 증대시키고 운전시격의 단축을 달성할 수 있다.

3.3 상호호환 운전

ERTMS/ETCS 시스템 기능과 텔레그램 형식이 표준화되어 있어 다른 노선, 단계, 시스템, 공급자 등에 의해서 구축된 ERTMS/ETCS시스템 구간에서도 정상적인 운행이 가능하다. 따라서 지속적으로 설비의 표준화를 기할 수 있고 융통성 있는 시스템 개량이 가능하다.

4. 구조

ERTMS/ETCS시스템의 구조는 각 서브시스템의 애플리케이션과 구현되는 기능의 특성에 따라 아래의 <그림 15>와 같이 세 개의 그룹으로 구성된다.

- 지상 시스템(TSS)
- 차내 시스템(OBS)
- 애플리케이션 툴

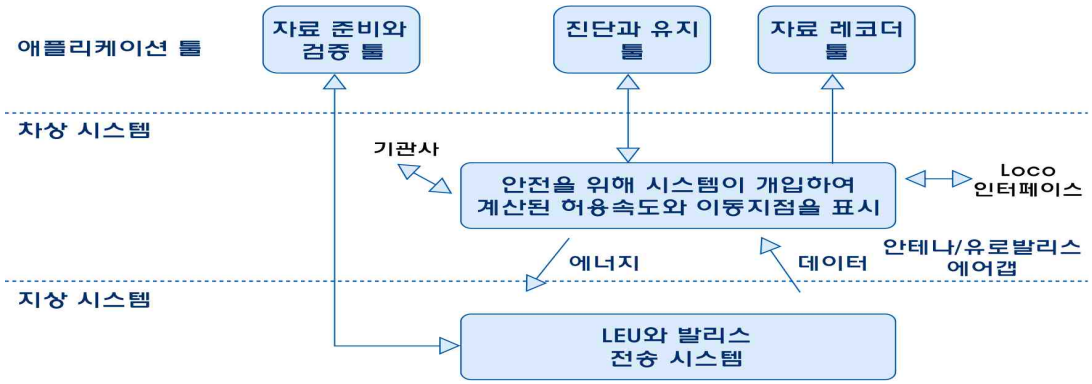


그림 15. ERTMS/ETCS시스템의 구조

지상시스템(LEU와 발리스)은 기존 신호시스템으로부터 필요한 정보를 제공받고 발리스를 사용하여 입력된 데이터 텔레그램을 차내로 전송한다.

차내 시스템은 지상으로부터 텔레그램을 수신하고, 속도와 거리를 측정하며, 차량 데이터, 제동성능 및 선로데이터를 사용하여 실제허용 속도를 계산하여, 지속적으로 기관사에게 DMI 디스플레이상에 표시를 제공한다. 만일 차량이 속도 제한을 초과시, OBS는 우선 기관사에게 경고한 다음 비상 제동을 체결시킨다.

애플리케이션 툴은 지상 데이터를 준비/변경하고, 발리스 및 LEU를 프로그램하고 테스트하며, 메모리에 로드된 데이터를 검증하고, 지상으로부터의 진단 데이터를 읽기 위해서 운용 및 유지보수요원에 의해 사용된다.

4.1 지상시스템(TSS)

ETCS 시스템의 지상 장치는 시스템의 실행을 위한 데이터 전달 및 정보 전송 매체로 구성되며, 선로변제어유니트(LEU)와 발리스가 주요 구성 요소이다. 기본적으로 각 신호기의 신호정보전달을 위해 발리스를 설치하며, 추가적으로 속도 제한이 요구되거나 지상정보가 필요할 경우에도 발리스를 설치하여 지상 데이터를 차내로 전송한다.

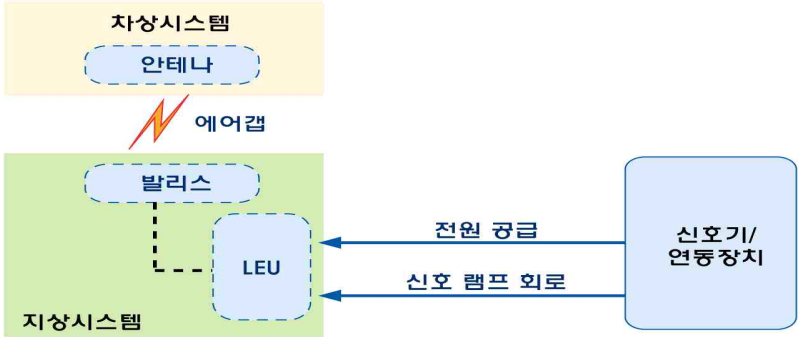


그림 16. 지상시스템 구조

5. 선로변제어유니트(LEU)

5.1 LEU 개요

선로변제어유니트(LEU)는 ETCS Level 1 시스템의 지상설비로서 장내/출발신호기 및 폐색신호기의 신호현시상태 정보를 전송하여 안전한 열차의 운행에 기여한다.

역구내의 LEU는 장내신호기, 출발신호기, 구내 폐색신호기의 신호 제어정보를 송신하는 각 LEU를 신호계전기실에 집중설치하며, 폐색구간에는 폐색신호기의 신호제어 정보를 송신하는 LEU를 폐색신호기 근접한 곳에 설치한다.

현장에 설치되는 선로변제어유니트(LEU)는 상·하선 각각에 1기용을 설치하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 지형여건이 불리한 터널, 교량 등에는 선로변제어유니트(LEU) 2기용 기구함을 설치할 수 있으며, 입력전원은 상·하선 폐색전원을 각각 공급받도록 구성하여야 한다.

LEU는 역구내 및 폐색구간에서 기존설비인 연동장치 및 자동폐색 장치와

인터페이스 되어 신호기 현시조건을 입력 받아 신호기 현시조건과 일치하는 텔레그램을 선택하며, 선택된 텔레그램을 발리스로 전송한다.

5.2 LEU 설치별 유형

다수의 신호기가 밀접하게 위치하고 있는 역 구내의 경우, 신호계전기실에 선로변제어 유니트(실내용) 랙을 설치하여 LEU간 정보 교환과 중앙 진단 기능을 수행한다. LEU 랙은 보편화된 19″표준랙에 집중화하여 신호계전기실에 설치한다.

LEU는 역구내 신호계전기실에 설치된 전자연동장치와 연결되며, 전자연동장치의 신호 제어 조건은 LEU와 인터페이스 하여 지상신호기의 정보를 차내로 전송한다.

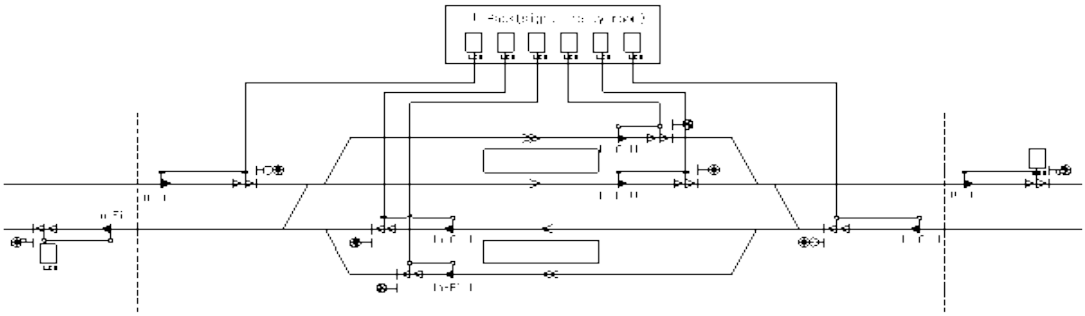


그림 17. 신호계전기실 LEU 구성

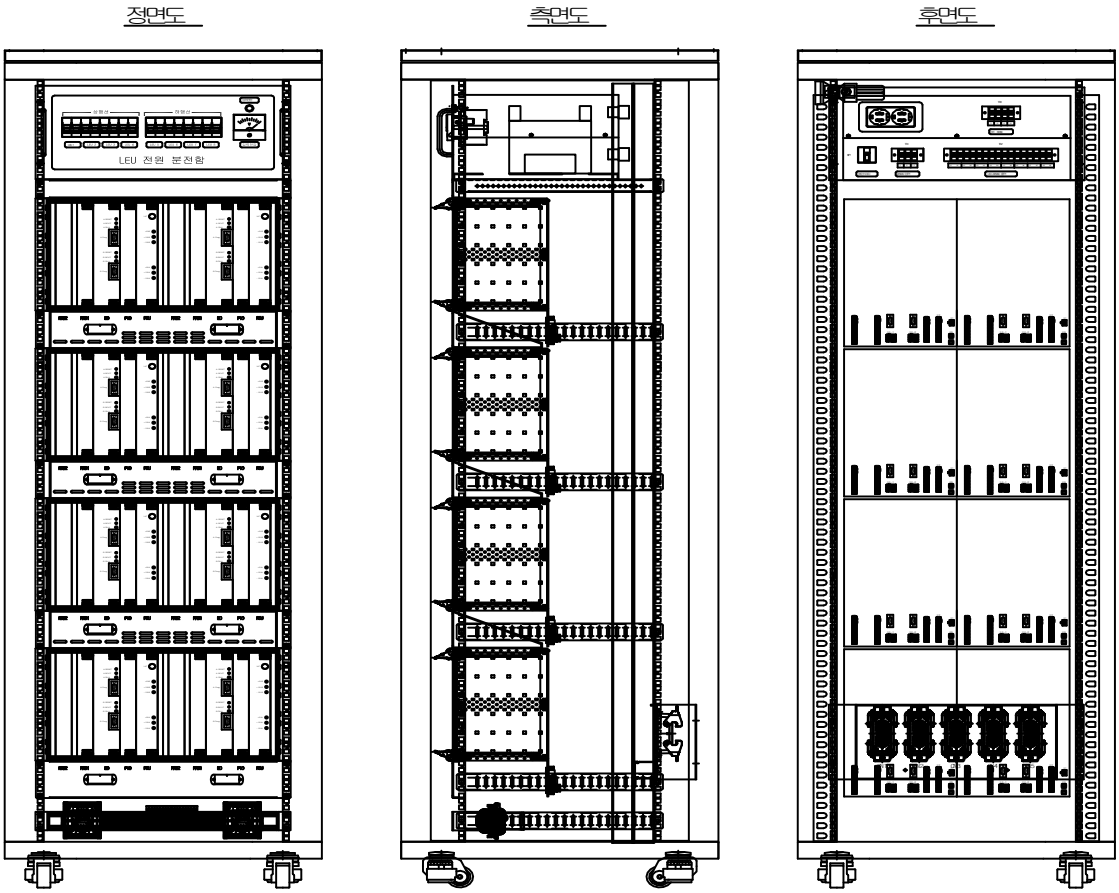


그림 18. 선로변제어유니트(실내용)(신호계전기실) 구성(LEU 서브랙 8개 기준)

폐색구간에서의 LEU는 현장 설치여건 및 유지보수 편의성을 고려하여 폐색제어유니트와 10m 이내에 설치하는 것을 기준으로하고 현장 조건이 불합리한 경우에 최대한 근접하여 설치한다. 터널구간 내 상/하선 신호기의 폐색신호장치가 동일한 대피공간에 설치된다. 신호기 회로를 통해 신호기 현시 제어조건을 LEU 및 폐색신호기에 전달하며 LEU에서는 현시정보에 대응하는 텔레그램을 가변발리스로 전송한다.

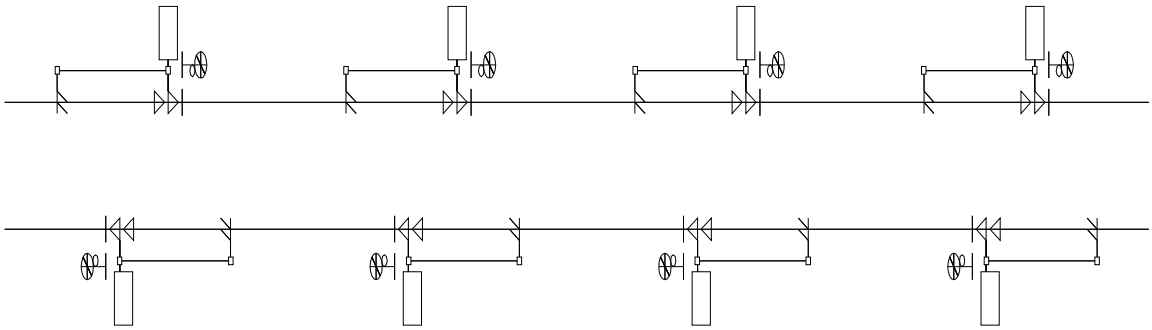


그림 19. 폐색구간(현장) LEU 구성

5.3 LEU 구성

LEU는 신호처리보드, 논리처리전송보드, 병렬입출력보드, 전원공급보드로 구성 한다. 각 보드들은 안전측 동작개념을 바탕으로 표준사양에 맞게 비교 논리구조 (2 out of 2)로 설계되어있다. 현장의 조건과 신호 현시 조건에 따라 재구성이 가능하도록 보드별로 구성된다.

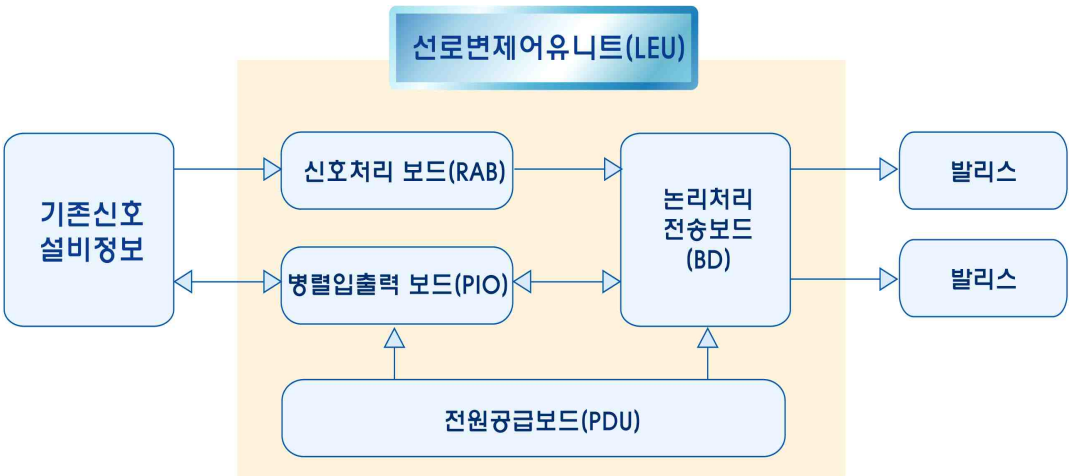


그림 20. LEU 구성도

5.4 LEU 기능

선로변제어유니트(LEU)는 CENELEC규정에서 정의하는 SIL4의 안전성을 확보하며, 텔레그램 저장, 선택, 전송 및 시스템 무결성 확보를 위한 안전측 동작처리와 기존 신호설비로부터의 현시상태 정보 수신 및 기존 설비와의 인터페이스 등의 기본 기능을 수행한다.

표 2. ETCS 레벨특성LEU 기능

구 분	내 용
텔레그램 선택	신호현시 상태에 근거한 텔레그램 선택 텔레그램 선택의 신뢰성 확보
텔레그램 전송	FFFIS Interface 'C' 규정만족 텔레그램 전송의 신뢰성 및 안전성 확보 전송상태의 무결성 보장
정보 수신	신호설비로부터 변동정보수신 신호설비로부터 신호정보수용 폐색제어유니트 및 연동장치와 인터페이스 가능
안전측 동작	비교논리구조(2 out of 2) 고장검지 Default Telegram 차내로 전송 정보전송장치 분리검출
텔레그램 저장	현장에서 저장 가능 저장기능의 안전성 확보 시스템 보안성 확보 다양한 텔레그램 저장

5.4.1 텔레그램 선택기능

논리처리전송보드(BD)는 신호현시 상태정보를 신호처리보드(RAB)를 통해 수신하며, 비교논리 구조에 의해 두 채널의 신호현시 상태정보를 비교하고 신호현시 정보에 대응하는 텔레그램을 선택한다. 또한 전송될 텔레그램의 신뢰성 확보를 위해 선택된 텔레그램을 비교한다.

텔레그램 선택 주요기능은 다음과 같다.

- 신호현시 상태정보 수신(인터페이스(Interface) 'S')
- 비교논리구조(2 out of 2) 에 의한 신호현시 상태정보 비교(1차 비교)
- 전송될 텔레그램의 신뢰성 확보를 위해 선택된 텔레그램의 비교(2차 비교)
- SRS 2.3.0 표준안에서 정의된 텔레그램 선택

5.4.2 텔레그램 전송기능

선로변제어유니트(LEU)는 비교논리구조의 시스템을 통해 두 개의 채널로 독립적인 텔레그램을 전송할 수 있으며, 발리스의 에러 분리 검출도 가능하다. 발리스와의 전송을 위한 인터페이스는 FFFIS 인터페이스 'C'규정에 따라 텔레그램이 전송된다. 텔레그램 전송 주요기능은 다음과 같다.

- FFFIS 인터페이스(Interface) 'C' 규정에 따른 논리적, 전기적 인터페이스
- 비교논리구조(2 out of 2)의 시스템을 통해 두 개의 채널로 텔레그램 전송

5.4.3 신호설비 정보수신 기능

차내신호시스템에서 필수적인 지상 관련 정보는 신호설비정보를 기반으로 생성된다. 그러므로 LEU는 신호현시 상태정보와 지상 안전설비 정보를 수신하며, 또한 LEU와 연결된 신호설비에 영향을 미치지 않도록 한다. 신호현시에 적용되는 신호기의 전기적 특성, 접점 수 및 현장조건을 고려하여 수신기능이 설계되며 현장설비와 물리적 인터페이스가 용이하도록 설계된다.

신호설비 정보수신 주요기능은 다음과 같다.

- 기존 설비에 영향이 없는 무결성
- Vital 한 신호현시상태 정보 입력
- 다양한 신호설비의 정보 수용
- 신호처리보드의 유연한 확장성(최대 12개의 신호정보 입력가능)

5.4.4 안전측 동작 기능

LEU의 자체 진단에 의한 에러처리와 안전측 동작 기능은 시스템 무결성을 확보할 수 있을 뿐 아니라, 신뢰성 및 가용성 그리고 유지보수성을 향상 시킬 수 있다. 시스템 자체에서 발생 가능한 에러의 종류를 정의하고, 에러의 검출방법과 안전측 처리방안에 대해 정의한다.

표 3. 안전측 동작 주요기능

구 분	기능 정의	기능 적용
에러 정의	장치내 각 기능 에러 정의 장치별 에러 정의 유효한 데이터와 무효한 데이터 정의 바이탈 에러와 논바이탈 에러 정의	위험 요소의 정의 기능사양서를 통한 에러 정의 예측 가능한 데이터의 정의 위험 가중치에 따르는 정의
에러 검출	발리스 분리 고장 검출 에러 검출 회로 내장 신호현시정보 불일치 검출 선택된 텔레그램 검출 무효한 데이터의 검출 바이탈 에러 검출	비교논리구조(2 out of 2) 텔레그램 비교 장치내 유효 데이터 저장 장치내 바이탈 데이터 저장 발리스 ID 검출, 비교
안전측 동작	텔레그램 전송 중지 Default 텔레그램 차내로 전송 셧다운 시행	각 장치별 Fail-safe 출력 Default 텔레그램 전송 지상, 차내간 에러처리기능 설계 비교논리구조(2 out of 2)에서 불일치 발생 경우 셧다운 시행

5.4.5 텔레그램 저장 기능

텔레그램 저장은 생성된 현장 데이터 중 선로변제어유니트(LEU) 데이터를 노트북 또는 휴대용 단말장치로 LEU에 다운로딩하여 저장한다. 모든 입력 신호들은 신호처리보드로 부터 논리처리전송보드로 전송되고, 각 발리스 그룹에 필요한 많은 텔레그램들이 결정된다.

그 논리처리전송보드에 저장되는 많은 텔레그램 중 특별한 목적을 가지는 텔레그램만이 사용된다.

전송되는 텔레그램은 열차의 운행 프로파일의 기본 데이터로 사용되며, 필요한 텔레그램의 수는 열차의 운영 상황에 따라 달라진다.

텔레그램 저장 주요 기능은 다음과 같다.

- 현장 프로그래밍이 가능한 노트북 및 휴대용 단말장치(TPG)를 사용
- 안전한 저장기능을 위한 에러검출가능
- 보안성을 위한 암호화된 사용자 로그인
- 표준안에 기반한 바이너리파일 저장
- 장문(1023), 단문(341)의 텔레그램 선택가능
- 완전한 비교논리구조(2 out of 2) 시스템 구성을 위한 채널별 텔레그램 저장

5.5 LEU 보드별 산출 기준

최근 간선철도 고속화 관련하여 설치한 경춘선에서 시공한 설계기준으로 선로변제어유니트(LEU)는 사용 목적별로 표준화되어 신호처리보드, 논리처리 전송보드, 병렬 입출력보드, 전원공급보드로 구성한다. 각 보드들은 안전측 동작개념을 바탕으로 표준사양에 맞게 비교논리구조(2 out of 2)로 설계하였다.

RAB보드는 신호기의 진로현시에 따라 2개의 RAB보드를 사용한다. 다음은 LEU는 다음과 같이 4~5개의 LEU보드들이 사용된다.

- 신호처리 보드(RAB) : 1~2개
- 논리처리전송 보드(BD) : 1개
- 병렬 입출력보드(PIO) : 1개
- 전원공급보드(PDU) : 1개

6. 발리스(Balise)

6.1 발리스 개요

발리스는 차내 서브시스템에 텔레그램을 보내는 전송장치로서 정보를 단방향(Up-link)으로 전송하는 지상장치이다. 고정발리스는 항상 발리스 자체에 저장되어 있는 텔레그램을 송신하고, 가변발리스는 지상 신호기에서 현재 신호기 현시를 검지하는 선로변제어유니트(LEU)로부터 텔레그램을 수신한다. 만일 발리스로 부터의 케이블이 손상되었을 경우에는 디폴트(default) 텔레그램을 전송한다.

6.2 발리스 유형 및 용도

발리스는 전송되는 텔레그램 및 설치되는 위치에 따라서 가변발리스, 고정발리스, 인필(In-fill) 발리스로 나눌 수 있다.

표 4. 발리스 유형 및 용도

구 분	내 용
고정발리스	LEU 와 연결되지 않음 고정텔레그램을 Interface 'A'를 통하여 차내장치로 전송 미리 프로그램 된 현장 메모리로부터 고정 정보만 송신
가변발리스	LEU 와 Interface 'C'를 통하여 연결 Interface 'C'를 통하여 가변 텔레그램을 수집 Interface 'A'를 이용하여 텔레그램을 전송 신호기의 상태에 따라 수신된 텔레그램을 전송
In-fill 발리스	가변 및 고정발리스와 하드웨어 동일(내부에 설계되는 텔레그램만 상이함)

6.2.1 가변발리스 정보

(1) 위치 및 지리 정보

(2) 열차의 목표 주행 정보

(3) 열차 진로

(4) 영구적인 속도 및 임시 속도 제한

(5) 이동 권한

(6) 구배(gradient)

(7) 링크 중인 데이터

(8) 기타 정보

6.2.2 고정발리스 정보

(1) 국가값

(2) 전차선 정보

(3) 고정 장애물

(4) 최대 안전 속도에 영향을 미칠 수 있는 열차 상태 변화

(5) 기타 정보

6.3 발리스 구성 및 사양

6.3.1 발리스 구성

발리스는 하드웨어적인 구성에 따라서 가변발리스 및 고정발리스로 나뉜다. 발리스는 선로변제어유니트(LEU)로부터 수신된 텔레그램 또는 내부 텔레그램 메모리에 저장된 데이터를 기준으로 생성된 텔레그램을 차내로 전송한다.

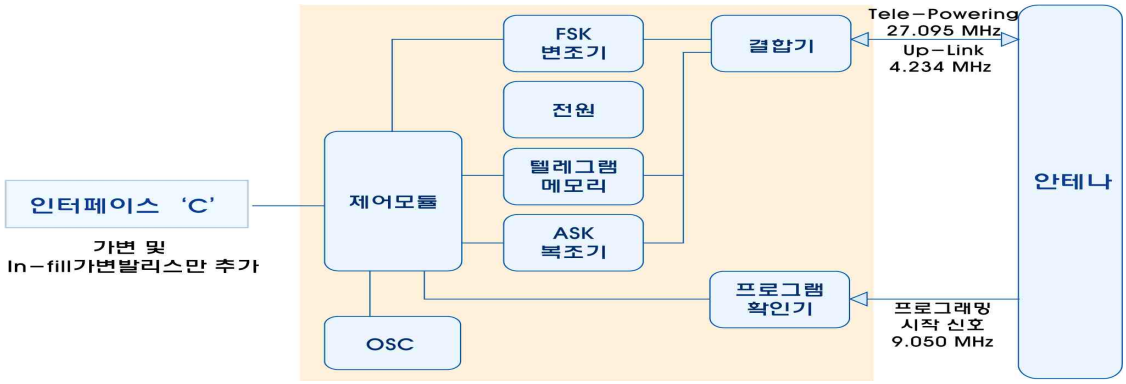


그림 21. 발리스 내부 구성도

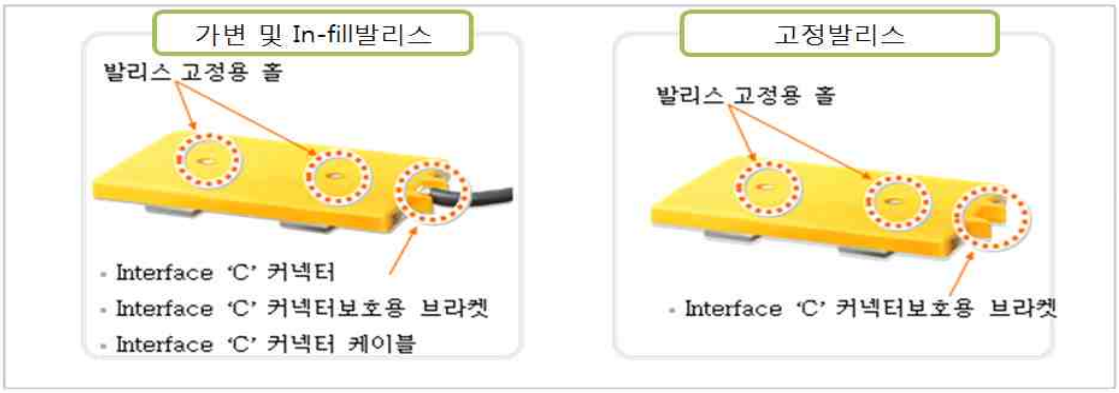


그림 22. 발리스 형태

6.3.2 발리스 사양

(1) 기계적 사양

발리스는 CENELEC 규정에서 정의하는 안전성을 확보하기 위해 밀폐형 구조로 설계되어 환경적 요인에 대한 보호기능을 강화한다.

(2) 전기적 사양

발리스는 기본적으로 SRS 2.3.0 의 표준화된 전기 및 통신 규격을 만족하는 기기이다. 아래는 발리스의 인퍼페이스 'A' (A1 : 무전원 응동, A4 : 차내장치로의 데이터 전송, A5 : 발리스 텔레그램 저장) 와 인터페이스 'C' (C1 : 데이터전송, C4 : 인터페이스 C1 의 차단, C6 : 전원공급)의 전기적 사양에 대한 설명이다.

6.4 발리스 기능

발리스는 SRS 2.3.0 에서 규정한 기본 기능인 텔레그램 수집, 저장, 전송 및 에러처리, 무전원 응동이라는 기본 기능을 통해 차내 장치에 위치 정보와 궤도 및 신호 정보를 제공한다.

6.4.1 텔레그램 종류 및 수집, 저장, 전송 기능

발리스는 SRS 2.3.0 을 따르는 가변, 고정, 기본 텔레그램에 대한 수집, 저장, 전송 기능을 가지고 있으며, 가변발리스는 LEU로부터 수집한 가변 텔레그램과 자체 저장하고 있던 기본 텔레그램을 전송하며, 고정발리스는 고정텔레그램을 차내장치로 전송한다.

표 5. 텔레그램의 종류

구 분	내 용
가변 텔레그램	신호현시에 따라 선로변제어유니트(LEU) 로부터 Interface 'C'를 통하여 가변발리스 및 In-fill 발리스로 전송되는 텔레그램
고정 텔레그램	고정발리스에 저장되는 곡선, 구배, 영구속도제한 등의 고정 텔레그램
기본 텔레그램	가변발리스 및 In-fill 발리스에 저장되는 고정 텔레그램

표 6. 텔레그램 수집, 저장, 전송기능

구 분	내 용
텔레그램 수집 - 가변발리스 - In-fill 발리스	-지속적인 가변 텔레그램의 수집 -전송된 데이터의 검증을 통하여 정확한 가변 텔레그램을 저장
텔레그램 저장 - 가변발리스 - 고정발리스 - In-fill 발리스	-기본 텔레그램을 가변발리스에 저장 -고정 텔레그램을 고정발리스에 저장 -발리스 시험기를 이용하여 생성된 텔레그램을 Interface 'A'를 이용하여 발리스 내부에 저장
텔레그램 전송 - 가변발리스 - In-fill 발리스	-차내장치로부터의 전자기파에 의하여 응동 -가변, 기본 및 고정 텔레그램을 Interface 'A'를 이용하여 차내장치로 반복 전송

6.4.2 데이터 처리 기능

발리스의 데이터 처리 기능은 SRS 2.3.0을 만족하며, 선로변제어유니트(LEU)로부터 텔레그램을 수집하여 열차에 전송하며, 전송된 지상정보에 따라 이동권한 데이터의 매개변수를 결정하도록 돕는 역할을 한다.

- 데이터 처리 기능의 입력정보는 주로 진로정보, 엔지니어링 데이터로 구성
- 출력으로 주어지는 발리스의 메시지는 선로형상, 링크정보, 이동권한 데이터, 시스템 데이터로 구성
- 데이터 처리 기능에 따라 차내신호시스템의 신호구간의 시작과 종료를 알리는 데이터를 수집 및 저장하였다가 이를 차내장치로 송신한다.

표 7. 데이터 처리 기능

구 분	내 용
시작, 종료 정보	- 운영구간의 시작과 종료
링크정보	- 링크 거리 - 링크된 발리스그룹 ID - 링크된 발리스 방향 - 발리스그룹 미 발견시의 반응정보
이동권한 데이터	- 신호등에 따른 속도정보 - 이동권한 거리 - 이동권한 끝에서의 속도 - 위험지역에 대한 정보
선로형상	- 다음 구배 변경까지의 거리 - 구배 값
시스템 데이터	- 진입 시 모드 - 모드 변환거리 - 모드변환 시 속도 - 운전자 모드변환 인식거리

6.4.3 에러 처리 기능

발리스의 에러처리 기능은 시스템의 무결성을 확보하여 주는 기능으로서 시스템의 신뢰성, 가용성 및 유지보수성을 향상시킨다.

에러 발생 → 인터페이스 'C' 전송중단 → 기본 텔레그램 선택 → 차내장치로 전송

표 8. 에러 처리 기능

구 분	에러의 종류	에러판단 및 대처방안
텔레그램 수집	텔레그램 수집불능	- Interface 'C'를 통해서 수집된 데이터의 신호레벨이 허용치보다 낮거나 초과 - 기본 텔레그램을 차내장치로 전송
		- 선로변제어유니트는 발리스와의 연결상태 확인 - 발리스로부터 30초 동안 응답이 없을 경우 Interface 'C' 를 통한 가변 텔레그램 전송중지 - 발리스는 기본 텔레그램을 차내장치로 전송

6.4.4 무전원 응동 기능

발리스는 외부로부터 전원을 공급 받지 않는 무전원 기기이며, 차내장치로부터 응동에 필요한 전자기파(High Frequency Magnetic Field)를 받아 발리스가 활성화 되어 텔레그램을 전송한다. 발리스는 SRS 2.3.0 을 만족하며, 300km/h 이하의 속도에서 1,023 bit의 텔레그램 전송이 가능하다.

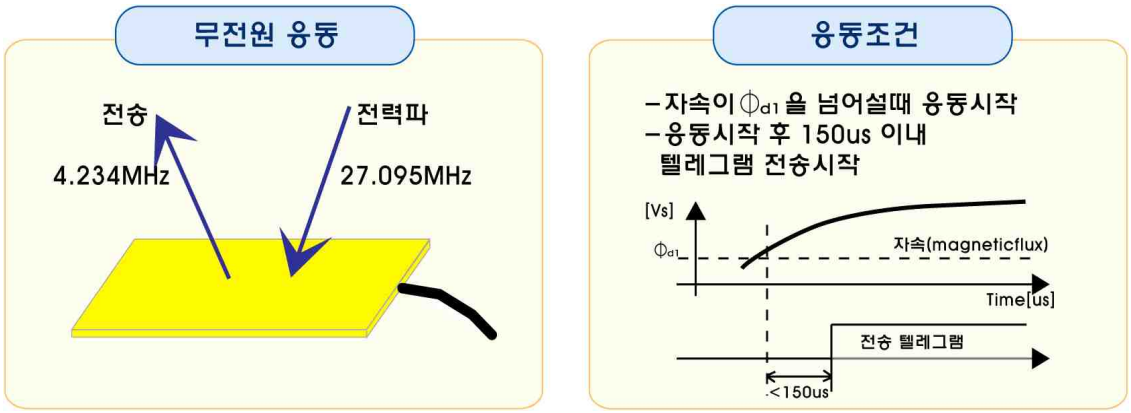


그림 23. 무전원 응동 기능

6.4.5 사용자 인터페이스 기능

지상장치 사용자 인터페이스 기능이란 사용자로 하여금 장비의 동작상태를 확인하게 하며, 이러한 장비들의 동작을 상시 혹은 정기적으로 확인하여 설치 및 유지보수를 쉽게 할 수 있도록 도와주는 기능이다.

발리스는 발리스시험기를 이용하여 사용자와 인터페이스 되며, 이러한 장비를 이용하여 사용자는 쉽게 발리스의 기능 및 상태를 확인한다.

표 9. 사용자 인터페이스 기능

구 분	내 용
가변 텔레그램	-신호현시에 따라 LEU 로부터 Interface 'C'를 통하여 가변발리스 및 In-fill 발리스로 전송되는 텔레그램
고정 텔레그램	-고정발리스에 저장되는 곡선, 구배, 영구속도제한 등의 고정 텔레그램
기본 텔레그램	-가변발리스 및 In-fill 발리스에 저장되는 고정 텔레그램

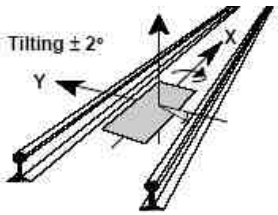
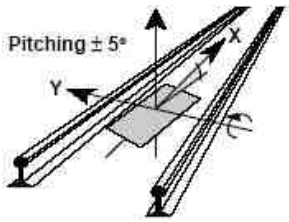
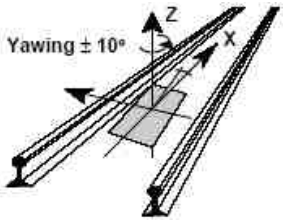
6.5 발리스 설치 요건

6.5.1 일반 사항

발리스는 에어갭을 통한 전송에 관하여 방향에 의존적이지 않기 때문에 가능한 가로방향으로 장착하며 세로방향으로도 장착될 수 있다. 발리스의 보호케이블 덮개는 레일의 바깥쪽으로 향하게 한다.

침목의 취부 표면은 평편해야 한다. 표면이 평편하지 않으면 취부 시 발리스가 구부러질 위험성이 있으며, 발리스의 고장 원인이 될 수 있다. 만약 취부 표면이 고르지 않다면, 발리스를 취부하기 전에 표면을 부드럽게 하는 것이 필요하다.

표 10. 각도 편차

조 건	값	설 명
발리스의 Z 기준축들과 선로 중심축 간의 최대 측면편위	±15mm	일반적인 적용에 대한 허용오차
선로 곡선반경이 =1000m이며 최대 노선속도가 =180 km/h 일 경우 선로의 중심축에서 부터의 측면편위	±40mm	선로의 레이아웃이 일반적인 적용 허용 오차를 고려할 수 없을 때만 사용되는 허용오차
선로 곡선반경이 =1000m이며 최대 노선속도는 =180km/h이고 발리스가 40 mm 더 높게 설치될 경우 선로의 중심축에서부터의 측면편위	±80mm	선로의 레이아웃이 일반적인 적용 허용 오차를 고려할 수 없을 때만 사용되는 허용오차
X축에 대한 발리스 상하 흔들림(틸팅)	±2°	
Y축에 대한 발리스 앞뒤 흔들림(피칭)	±5°	
Z축과 대한 발리스 좌우 흔들림(요잉)	±10°	

6.5.2 발리스간의 간격

정보를 보다 높은 수준의 시스템으로 전송하는 여러 개의 발리스들 혹은 또한 1개의 발리스는 발리스 그룹으로 불린다. 서로 가까이 있는 여러 개의 발리스들은 (독립적으로 정보전송) 발리스 그룹으로 불린다. 발리스 그룹 내, 최소 및 최대 간격이 발리스들 사이에 준수 되어야 하며 이웃 발리스 그룹들의 마지막 발리스와 첫 번째 발리스 사이의 최소 간격은 준수 되어야 한다.

발리스 그룹들에 대한 최소 간격은 일반적으로 또한 발리스 그룹들 사이의 간격을 제한하는 조건으로도 사용된다. 발리스 그룹 내 발리스들의 간격은 다음과 같다.

표 11. 발리스들 사이의 허용 간격

구분	값	조건(선로속도)
같은 발리스 그룹 내 발리스들 사이의 간격	dmin =2.3 m dmax=12.0 m	160 km/h 까지
	dmin =3.0 m dmax=12.0 m	160 - 300 km/h
	dmin =5.0 m dmax=12.0 m	300 - 500 km/h

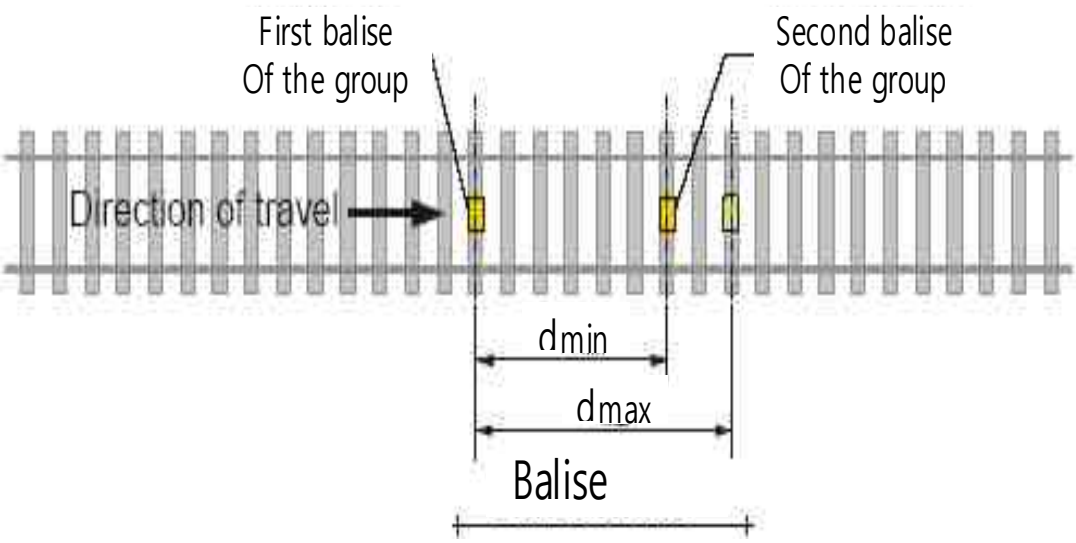


그림 24. 동일 발리스 그룹 내 발리스들 사이의 허용 간격

6.5.3 발리스와 안테나의 간격

두 선로상의 차내 발리스 장비로의 발리스 혼선을 방지하고자 발리스는 두 선로상의 최소 거리를 유지해야 한다.

(1) 인접한 궤도 발리스와 안테나

– 인접한 궤도를 통과하는 차량의 안테나와 발리스의 간격은 3m이상 되어야 한다. 최대 안테나 편위는 300mm이하가 되어야 한다.

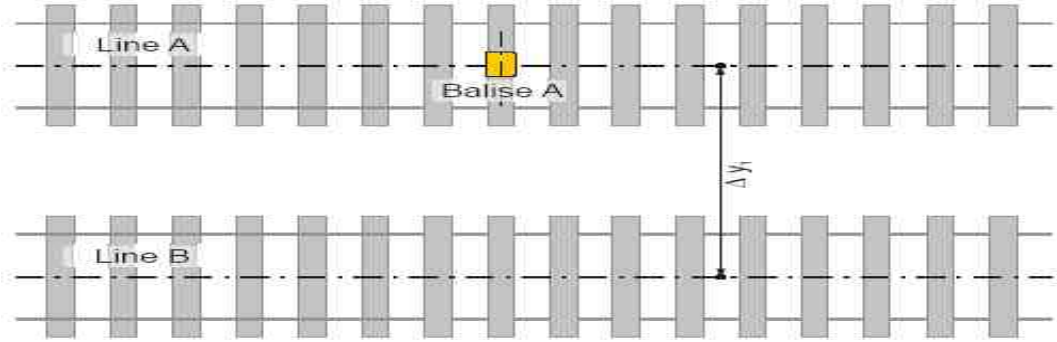


그림 25. 발리스의 병렬선로까지의 거리

(2) 분기부 내의 발리스와 안테나

① 분기부를 통과하는 차량의 안테나와 인접 궤도 발리스간의 거리는 최소 1.4m 이상이 되어야 한다.

② 발리스와 안테나 사이의 거리를 산출하기 위하여 선로전환기를 통과하는 모든 차량 상의 안테나의 위치를 파악하는 것이 필요하다. 따라서, 이러한 차량들의 정확히 어느 부분에 안테나를 배치할 것인지에 대한 요구사항을 설정할 때 분기기 내에 발리스들을 배치하는 것은 피하는 것이 바람직하다. 최대 안테나 편위는 300㎜이하가 되어야 한다.

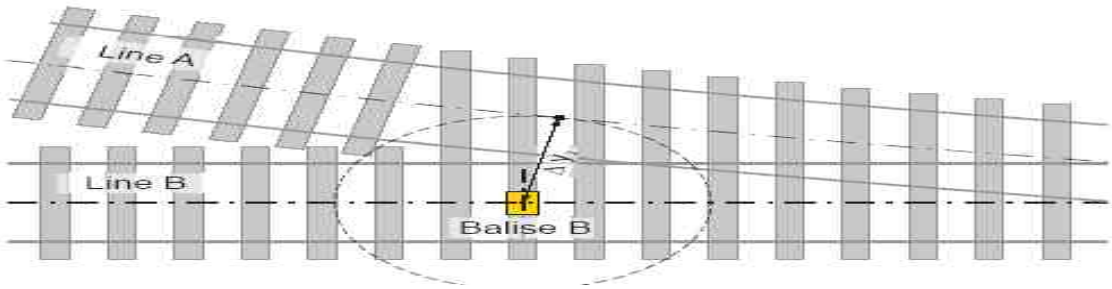


그림 26. 분기기 내의 발리스와 안테나의 최소거리

6.5.4 발리스 설치시 제한 사항

(1) 분기기 내

① 분기기 내에 발리스를 위치시키는 것은 피해야 한다. 분기기 내 금속부분들이 전송 시 교란을 가져올 수 있기 때문이다. 선로에서 발리스의 최대 측면 편위과 관련된 요구사항을 충족시키는 것은 어려울 수도 있다.

② 안테나의 최대 측면 편위를 고려하며 인접한 선로 상에 있는 발리스와 안테나간의 최소거리를 유지하는 것 또한 어려울 수도 있다.

(2) 최소 곡선 변경

발리스는 300m보다 작은 반경의 커브에서 설치될 수 없다. 작은 반경의 커브에서 발리스가 설치되어야 하는 경우에, 유로발리스 차내장비가 그 발리스를 안전하게 읽을 수 있는지 점검 되어야 한다.

(3) 기존 ATS 지상자와 외부 발리스

발리스 중심에서 ATS지상자 중심까지 1.2m이상이어야 한다.

(4) 레일이음매

레일이음매에서는 선로의 변형(Strain)과 이동이 가장 큰 문제이며 발리스는 레일의 기계적인 변형에 의해 손상될 수 있다. 따라서 발리스는 발리스의 중심으로부터 레일이음매로 1m이상 이격시켜 설치해야 한다.

6.5.5 설치 높이

발리스의 설치 높이는 비금속 공간을 준수하여 레일 상부 높이 아래 93mm~193mm의 제한된 간격 내에 설치한다.

6.5.6 발리스 그룹

발리스는 하나 또는 여러 개(1~8개)의 발리스로 구성된 발리스 그룹으로 정의된다. 각각의 발리스에는 그룹에서의 발리스의 상대 위치를 나타내는 발리스 내부 번호(1~8), 그룹내의 발리스 번호, 및 발리스 그룹 확인자 등의 정보가 저장된다. 각각의 발리스 그룹은 자신과 동일한 시스템을 가지며, 각각의 발리스 그룹에 대한 동일 시스템은 그룹에 발리스 번호 1을 부여한다. 또한 각각의 발리스 그룹의 정상 운행 방향은 내부 발리스 번호가 증가하는 방향으로 정의된다.

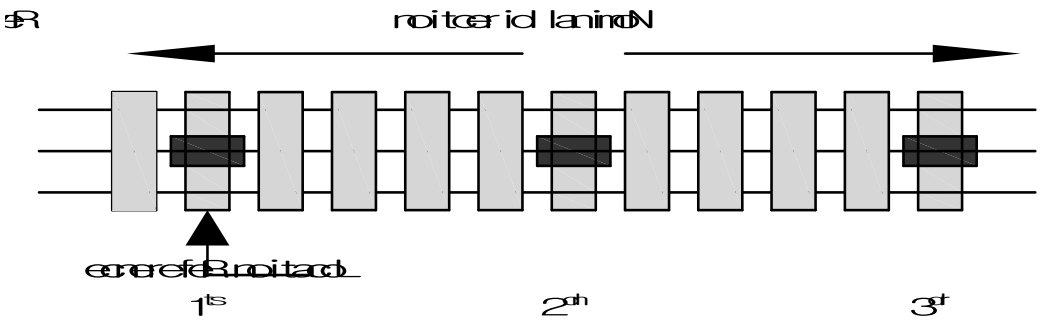


그림 27. 발리스 그룹의 진행방향

한 개의 발리스로 구성된 발리스 그룹도 하나의 발리스 그룹으로 간주된다. 한 개의 발리스에 의해 구성된 발리스 그룹에 대해 링크된 발리스 그룹이 이전 발리스 그룹으로부터 정보를 수신하고 통과하는 정보 진행 방향은 동일 시스템을 발리스로 지정한다.

6.6 발리스 추가 설치 지점

일반적인 신호현시에 따른 발리스 설치와는 별로도 다음 사항과 같이 추가지점의 발리스 설치를 고려하여야 한다.

6.7 거리 확인 지점(Relocation point)

발리스 그룹간 거리가 2,000m 이상인 경우, 추가적인 거리 확인지점이 존재해야 하며 하나의 고정 발리스로 구성된다.

7. 전선로 설비

7.1 개요

LEU는 폐색제어유니트 근처에 위치함으로써 신호 케이블들의 연결이 용이하게 유지 될 수 있다.

다른 장치에 연결되는 케이블들은 개별 케이블 선을 사용하여 LEU 외함 진출입 시 분리되어야 한다. LEU와 폐색제어유니트 및 신호계전기실 연동장치 랙은 일반 전선로 공사와 동일하게 시행하며 현장여건에 따라 보호관로 설비를 설치한다.

지상설비 인터페이스 케이블 사양은 다음과 같다.

표 12. 역구내 케이블 사양

LEU 인터페이스 케이블		인터페이스 상대장치	역구내 케이블 사양
신 호 케이블	신호기 현시 정보	연동장치 계전기랙	UL2464 18AWG×40C(차폐케이블)
	LEU 고장 정보	TLDS/AF 궤도회로장치	40C 가간케이블
	LEU Coupling	랙 내부 LEU와 현장 LEU간	F-CVV-S 1.5 ㎟ x 10C
전원 케이블		전원실 전원배전반	F-CV 6 ㎟ x 2C
접지 케이블		접지 단자함	F-GV 35㎟ x 1C

표 13. 폐색구간 케이블 사양

LEU 인터페이스 케이블		인터페이스 상대장치	폐색구간 케이블 사양	
			일반 폐색구간	터널 구간
신 호 케이블	신호기 현시 정보 (LEU 고장 정보)	자동폐색 제어유니트 (AF궤도 회로장치포함)	F-CVV-S 1.5 ㎟ x 15C	HFCCO-S 1.5 ㎟ x 15
	LEU Coupling	현장 LEU(전후방)	F-CVV-S 1.5 ㎟ x 10C	HFCCO-S 1.5 ㎟ x 10C
전원 케이블		자동폐색제어유니트	F-CV 2.5 ㎟ x 2C	HFCO 2.5 ㎟ x 2C
접지 케이블		접지 단자함	F-GV 35 ㎟ x 1C	F-GV 35 ㎟ x 1C

7.2 전원케이블

일반적으로 LEU는 연동 또는 분리된 별도의 전원장치로부터 전원을 공급받는 분산형 독립 시스템이다. 케이블의 길이는 수용해야 할 거리에 따라 다르다. 현장에 설치되는 LEU는 폐색제어유니트 근처에 위치하여 케이블의 연결은 짧게 유지될 수 있다. LEU에 사용되는 전원케이블은 부하의 용도와 선종별 도체저항에 의해 결정하였으며 현재의 IEC규격을 적용하여 사용하도록 하였다.

7.3 신호 인터페이스 케이블

전자연동장치의 계전기랙에는 LEU(실내용)에 신호 현시 정보를 전달하기 위한 인터페이스용 반응계전기부설가 치된다. LEU(실내용)는 반응계전기부와 결선되며, LEU(실외용)은 신호 현시 정보를 수신하기 위해 자동폐색제어유니트와 결선된다.

7.4 커플링 케이블

커플링 케이블은 추가 신호 정보 전달을 위해 LEU간 연결에 사용된다. 필수 데이터는 계전기의 상태를 전류 센서로 측정하여 그 결과 값을 커플링 케이블을 통하여 전송한다. 추가적인 방법으로 각각의 논리적 입력이 항상 상극 상태인 두 개의 물리적 입력과 함께 전송된다. 만약 입력이 외적 영향으로 인해 변할 경우 이를 소프트웨어로 감지하며, 입력은 고장으로 간주된다. 설치를 최적화하기 위해서 송신(2개의 논리적 입력)시 8선 케이블 이용이 가능하다.

LEU간 연결 시 비차폐 케이블을 사용할 경우 매우 높은 전기장을 LEU 커플링 케이블에 발생시켜 신호품질에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 이렇게 높은 세기의 전기장이 발생되려면 케이블 근처에 높은 전류가 발생되어야 한다.

LEU 커플링 시 특수 차폐 케이블을 사용할 경우 신호품질을 교란시킬 가능성이 약 1/10000로 감소한다.

7.5 발리스 케이블

가변발리스를 BD로 연결하는 케이블은 특별한 유형의 케이블로 개별 주파수 별 임피던스와 관련하여 매우 엄격한 기준들을 만족시켜야 한다. 4선의 경우 연선 쌍이거나 차폐를 가진 성형 쿼드 유형이다. 발리스의 위치에 따라 발리스 케이블은 2선이나 4선으로 이루어진다. 차별화를 위한 또 다른 변수는 발리스 케이블이 수용해야 하는 길이이며, 이로 인해 다른 단면적이 요구되기도 한다. 만약 2개의 발리스가 하나의 BD에서 나오면, 즉 2개의 근접하게 위치한 진출 신호에 대하여, 4선 케이블이 발리스 연결함에 사용 될 수 있다. 단일 발리스는 발리스 접속(연결) 케이블로 연결된다. 차폐 장치는 LEU측 접지에 연결되어야 한다.

7.6 발리스 접속(연결) 케이블

발리스 접속(연결) 케이블은 발리스를 연결함에 연결하기 위해 가변발리스와 함께 제공되거나, 또는 LEU가 멀지 않은 곳에 위치하고 있는 경우에는 BD에 직접 연결될 수도 있다. 발리스 접속(연결) 케이블은 외장을 갖추지 않기 때문에 케이블 보호를 위해 추가로 콘딧을 사용한다.

8. 접지설비

8.1 개요

현장 및 신호계전기실에 설치되는 LEU의 접지 및 서지 보호 방법을 검토하여 시스템의 안정성을 유지하고 관련 설비와의 Noise 방지 등을 강구토록 하여야 한다.

표 14. 케이블 유형에 따른 접지방식

케이블 유형	접지 방법
신호 인터페이스 케이블	-유도 보호 및 방서용 외장을 4㎟ Cu 선의 한 끝에 접지한다. -벗겨진 반대 모서리의 외장을 절연한다.
발리스 케이블	-래미네이트를 입힌 피복과 4㎟ Cu 선의 출력 케이블의 copper drain 선을 각각 접지하고, 발리스 접속(연결) 케이블 차폐장치를 통해 연결한다.
커플링 케이블	-유도 방지 장치와 6㎟ Cu wire를 갖춘 출력 측의 외장을 접지한다.

8.2 신호계전기실 LEU 랙 접지방식

신호계전기실에 설치되는 LEU는 집중화된 랙에 LEU들 전체를 LEU랙 접지단자에 접속하고 이 랙의 접지단자에서 F-GV 전선으로 접속하여 전력 측에서 시공하여 제공된 신호계전기실내 접지단자함에 직접 연결한다.

8.3 현장 LEU 외함 접지방식

현장에 설치되는 LEU는 전력분야에서 설치한 접지단자함(매 250m마다 설치됨)에 F-GV 전선으로 직접 접속하여 구성한다. LEU 외함 내부에 설치되는 장치들 (LEU 보드 등)은 외장을 이용하여 직접 접촉되고 보호된다. 이 외장의 접지를 통해 장애 보호의 수단으로 간접 접촉을 방지한다.

신호 장비 (LEU, Balise 등)는 보호를 위한 기존 전위로, 견인 시스템 접지에 도전성으로 연결되어야 한다. 이것은 LEU 외함의 절단된 전차선의 영향으로 인해 상승할 수 있는 전기-열전력 스트레스를 방지하는 기계적 조임 요소들을 이용하여 이루어질 수 있다. 스크류를 이용한 연결은 자체 잠금 처리한다. 아울러, 특수한 경우 알루미늄 용접이 선로에 적용된다.

비 도전성 구조물 (콘크리트 바닥면 상에 설치되는 LEU 외함)에 기계적으로 접속하는 경우, 별도의 접지 컨덕터를 해당 신호 장비의 접지점(등위 본딩 스트립 등)에 연결한다. 다음은 주의 할 사항이다.

- 접지점 별로 접지 컨덕터/접속만 사용한다.
- 특히 바닥 설치 시 효과적으로 부식을 방지하기 위해 세심한 주의가 필요하다.
- 접지 컨덕터/접속은 주름 없이 가능한 한 짧게 유지해야 한다.
- 견인 리턴 전류와 단락 가능성으로 인해 접지 컨덕터가 열 스트레스를 견딜 수 있어야 한다.
- 모든 보호대상 장비의 접지 접속은 직접 전류 리턴 회로 구성요소들 (전주, 철로 등)과 연결해야 한다.
- 기계적인 이유로 인해서, 접지 커넥터는 최소 50㎟단면의 Cu 또는 동등 Al선으로 만들어져야 한다.

8.4 LEU내의 케이블 접지

LEU의 경우 중앙의 단면 케이블 차폐 접지를 사용한다. 차폐선은 상기의 등위 본드 및 쓰루-접속 접지와 단면으로 연결된다. 발리스 케이블의 경우 별도의 접지 접속 없이 연결함 내 발리스 접속(연결)케이블과 연결한다.

LEU 커플링에 사용되는 반-유도성 케이블은 출력측에서 접지해야 한다. LEU 상의 디지털 I/O는 전류 출력이므로 전자기 유도로 인한 전압에 대한 내성이 있어야 한다.

LEU 외함 내에서 모든 케이블 차폐장치 또는 외장을 최소 단면이 4㎟ Cu 인 등위 바와 연결한다. 커플링 케이블의 경우 최소 단면적 6㎟ 접지선이 필요하다.

9. 텔레그램

9.1 텔레그램 생성 절차

차내신호시스템에서 사용되는 텔레그램 생성은 현장조사단계에서 수집되는 데이터를 바탕으로 실시설계단계, 전용 프로그램을 통한 생성단계, 각 구성장치로의 프로그래밍 단계, 마지막으로 차내로 전송하는 단계로 이루어진다.

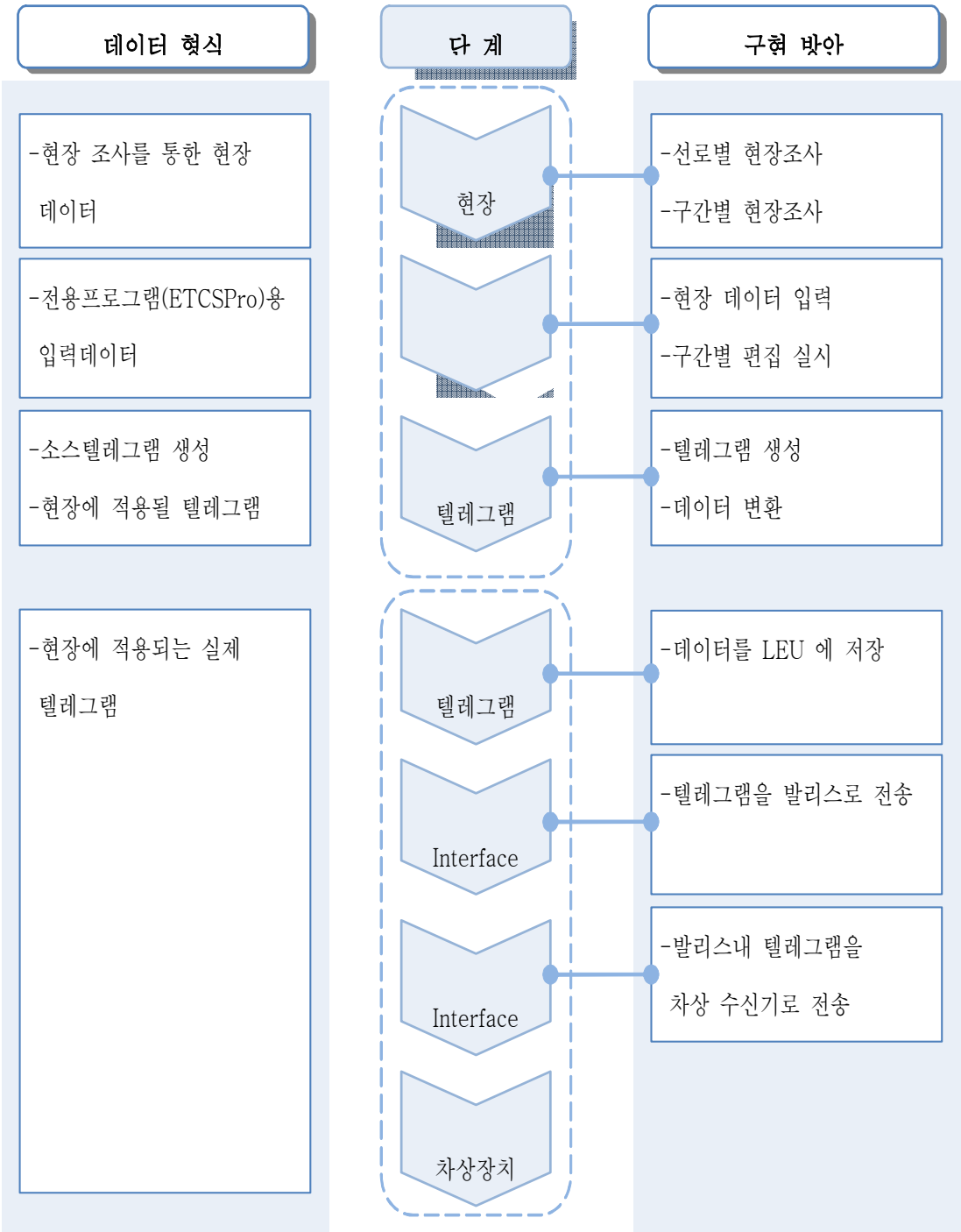


그림 28. 텔레그램 생성

9.2 텔레그램 형식

발리스는 LEU로부터 수집되는 텔레그램을 아무런 가공 없이 고속의 열차에 전송하도록 고안되었기 때문에, 정보의 수집, 전송에 있어서 서로 다른 인터페이스 규격을 따르지만 동일한 프로토콜을 사용하게 된다. 텔레그램 형식은 텔레그램의 길이에 따라서 장문(1023 Bit)과 단문(341 Bit)이 있다. 규정에 따른 프로토콜을 사용함으로써 발리스는 텔레그램의 수집, 전송에 있어 데이터의 무결성을 보장하게 되며, LEU와 차내장치로 하여금 데이터의 전송 및 수신에 있어서 신뢰성을 보장한다.

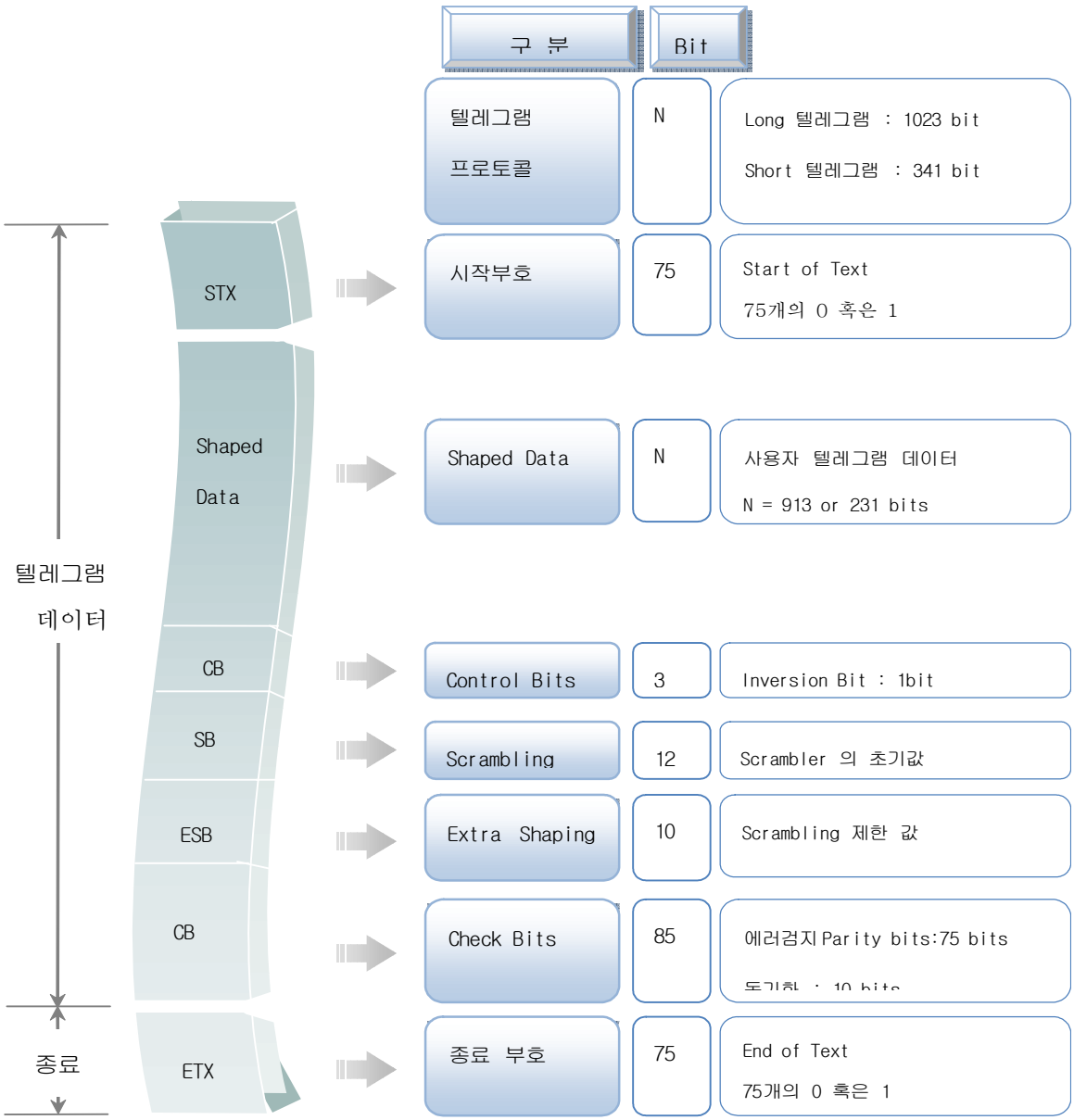


그림 29. 텔레그램 형식

RECORD HISTORY

Rev.4(‘12.12.5)	철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둠.
Rev.5(‘13.06.9)	’13년도 상반기 VOC(ATP↔ATS 상호 운전모드 변경 시 발리스 설치 기준) 반영
Rev.6(‘14.06.30)	대구역 열차사고 관련 철도사고 재발방지대책(국토부) 발리스 설치내용 변경 및 LEU 설치위치 현장조건에 따라 탄력적으로 적용토록 개선
Rev.7(‘15.07.01)	발리스케이블 사양 삭제
Rev.8(‘16.05.18)	종단역 과주방지용 발리스 설치기준 추가
Rev.9(‘16.12.22)	발리스 설치위치, 신호계전기실내의 선로변제어유니트 접지케이블 사양 변경, 선로변제어유니트 고장표시 기준 마련, 신호계전기실 선로변 제어유니트간 케이블연결방법 추가
Rev.10(‘17.07.26)	ATP/ATS 운전모드 전환구간 ATS지상자 설치기준 보완
Rev.11(‘18.12.20)	일반철도 ATP구간 역방향 신호설비 반영
Rev.12(‘19.12.16)	완해속도 기준정립
Rev.13(‘20.08.03)	출발신호기 인필발리스 설치기준 개정
Rev.14(‘21.07.19)	출발대용 입환신호기 인필발리스 설치기준 마련 등
Rev.15(‘21.12.31)	발리스케이블 간 직선접속 및 2기용 선로변제어유니트 설치 기준 마련
Rev.16(‘23.07.25)	ATP/ATS 구간 운전모드 변경구간 개정(역구내→역간)