

出國報告（出國類別：進修_線上訓練課程）

參加「歐洲列車控制系統（ETCS）
基礎線上訓練課程」報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：副調查官 樊德成 /

副調查官 洪偉喆

派赴國家：中華民國（線上訓練課程）

出國期間：民國 110 年 06 月 28 日至 06 月 29 日

報告日期：民國 110 年 09 月 24 日

公務出國報告提要 系統識別號

出國報告名稱：參加「歐洲列車控制系統（ETCS）基礎線上訓練課程」報告

頁數：15 頁 含附件：否

出國計畫主辦機關：國家運輸安全調查委員會

聯絡人：汪可欣

電話：(02) 7727-6228

出國人員姓名：樊德成 / 洪偉喆

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：鐵道調查組

職稱：副調查官 / 副調查官

電話：(02) 7727-6265 / (02) 7727-6256

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 視察 6 訪問 7 開會 8 談判
9 其他

出國期間：民國 110 年 06 月 28 日至 06 月 29 日

出國地區：中華民國（線上訓練課程）

報告日期：民國 110 年 09 月 24 日

分類號/目

關鍵詞：歐洲列車控制系統、歐洲鐵路行車管理系統、移動授權

內容摘要：

國家運輸安全調查委員會自 108 年 8 月改制後，業務拓展及鐵道、公路、水路等類型事故調查，因此透過學習國際鐵道技術，將可大幅提升本會鐵道事故調查知識，更可藉參考國際鐵道經驗及成效，實際應用在鐵道事故調查報告中。今年度本會透過參加「德國國家鐵路公司鐵道學院」辦理之線上訓練課程，讓本會鐵道調查組同仁參與專業訓練以強化技術能量。

本報告內容是基於為期 2 日的歐洲列車控制系統基礎課程，將課程重點進行整理，並摘錄 ETCS 運作方式、ETCS 各階段運作、ETCS 道旁及車載設備等四項重點內容進行報告撰寫，提供本會後續執行鐵道調查作業之技術參考。

目次

壹、目的.....	- 1 -
貳、過程.....	- 2 -
參、課程摘要與心得.....	- 4 -
肆、建議.....	- 14 -

壹、目的

國家運輸安全調查委員會（以下簡稱本會）自 108 年 8 月改制後，業務擴展鐵道、公路及水路之事故調查。為加強鐵道調查人員之專業技能及技術知識，故指派本會鐵道調查組之人員參與本次德國國家鐵路公司-鐵道學院所辦理的線上訓練系列課程，本次系列課程計有「Components of rail infrastructure & maintenance」、「CBTC Fundamentals」、「ETCS Fundamentals」、「Successful with railway RAMS」、「Fundamentals of railway RAMS」等 5 門課程。

本篇報告是以「歐洲列車控制系統基礎（ETCS Fundamentals）」課程為主軸進行撰寫。

貳、過程

1. 課程安排

本次「歐洲列車控制系統基礎（ETCS Fundamentals）」課程共計 2 日，課程日期為民國 110 年 07 月 28 日至 29 日，每日課程 3 小時，總課程時數共計 6 小時，有關課程內容規劃如下表：

日期	課程內容	講師
07/28 3 小時	<ul style="list-style-type: none">■ Historical and general information about ETCS■ Command-control and signaling■ ETCS Levels and operating modes■ Q&A, Closure of the Day	David Rathmer
07/29 3 小時	<ul style="list-style-type: none">■ ETCS vehicle components■ Radio transmission and use of GSM-R communication■ ETCS operations■ ETCS trackside components■ Closure and Feedback	

2. 講師及參與學員

擔任本次課程之講師為德國籍 David Rathmer 先生（如圖 2-1），曾經擔任過德國國家鐵路公司駕駛員及內部訓練講師，目前則是於鐵道學院擔任高級顧問，同時他也是通過 TÜV（德國萊茵）認證合格的專業培訓講師。

Your Trainer and Expert



David Rathmer
Master Trainer Rail Operations and Drivers,
Senior Consultant Training
DB Engineering & Consulting, Frankfurt

Expertise

- Trainer and train driver in national and international high-speed traffic
- Certified Examiner and Trainer by TÜV
- Supervision of Train Drivers
- Training development and quality assurance of developed trainings
- Project and Tender Management

圖 2-1 講師簡介

本次參訓學員共計 8 人，分別來自澳洲、加拿大、荷蘭、阿拉伯及我國，除我國學員是來自運輸事故調查單位外，其餘學員均是任職於該國鐵道營運公司、工程顧問公司或號誌部門等單位。



圖 2-2 參與學員國家（部分學員未正確標示）

3. 課程實施方式

本次訓練課程為期 2 日，是採用 Cisco Web Training 視訊軟體上課，該軟體除了基本遠端視訊功能之外，也可進行即時測驗、即時問卷等功能，讓講師方便與學員進行互動，並可透過白板模式讓學員即時提出問題與意見。

在第一日課程結束後，講師有另外規定學員課後作業，並要求在隔日課程開始前提交作業成果，並與線上學員進行心得分享。每日課程結束後，講師均會請學員進行課程反饋，不論是針對教學內容或是教學方法，均會採問卷方式由學員進行相關回復。

參、課程摘要與心得

1. 歐洲列車控制系統歷史發展

在早期歐洲鐵路系統中，並無統一的行車運轉介面，而係由各國家自行發展，因此當列車需要橫跨各國間行駛時，會發生系統不相容情形，此時不僅要透過更換機車頭的方式進行解決，其額外衍生的人力、物力相當可觀，因此開始有統一行車運轉介面的想法產生（如圖 3-1）。

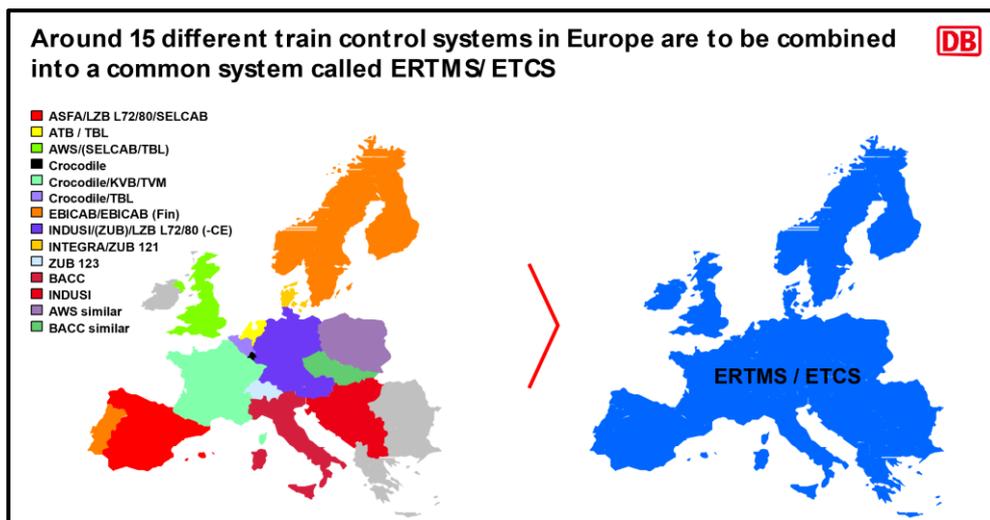


圖 3-1 歐洲地區鐵路控制系統種類繁多

系統架構

後續這個統一的行車運轉介面定義為「歐洲鐵路行車管理系統（European Rail Traffic Management System, ERTMS）」，ERTMS 是一種上位規範，目的是要將歐洲地區各種鐵路行車控制系統進行標準化制定，ERTMS 包括鐵路雙向無線通訊系統（Global System Module Communication-Rail, GSM-R）、歐洲列車控制系統（European Train Control System, ETCS）、歐洲行車管理階層（European Traffic Management Layer, ETML）等三種下位子系統（如圖 3-2）。

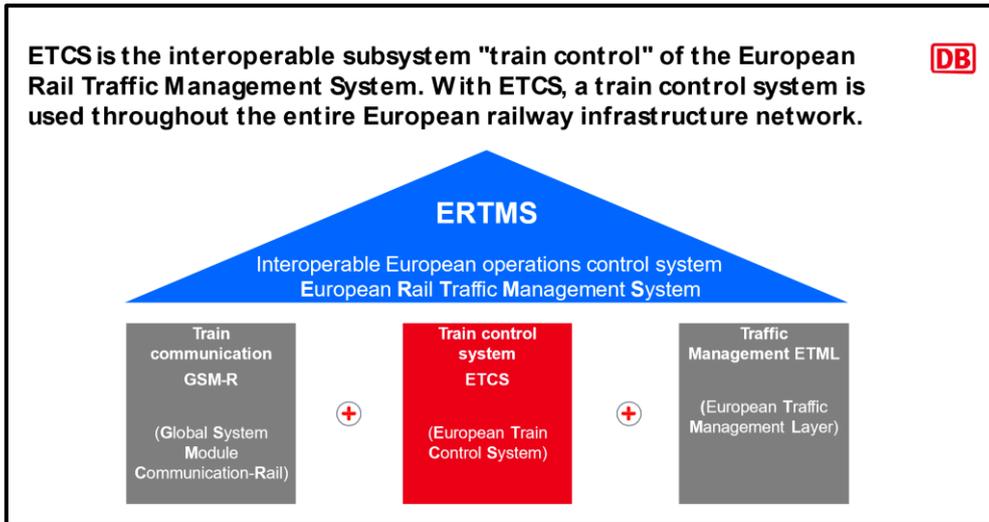


圖 3-2 ERTMS 架構圖

發展現況

目前在歐洲地區，約有 12,000 公里之鐵路路線符合 ETCS 規範，講師以一條從鹿特丹至熱拿亞的路線為例，該路線總長度約 1,300 公里，橫跨荷蘭、德國、瑞士及義大利等四個國家，在 ETCS 相關設備建設成本約達 45 億歐元（如圖 3-3）。

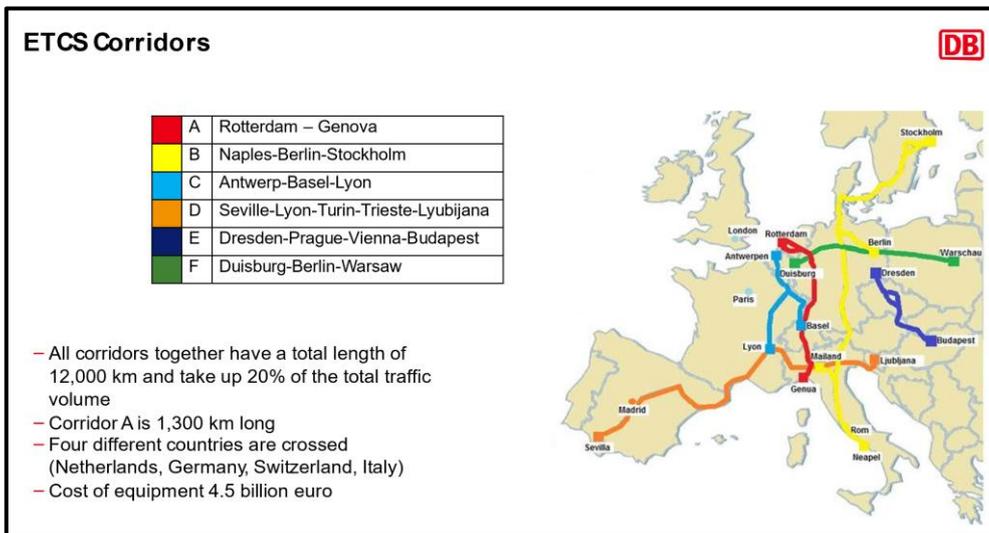


圖 3-3 ETCS 歐洲地區發展現況

目前（2021 年）世界各地符合 ETCS 規範之鐵路路線長度，仍是以歐洲地區為最大宗，約佔 55% 左右，其次之比例為亞洲地區，佔約 31%（如圖 3-4）。

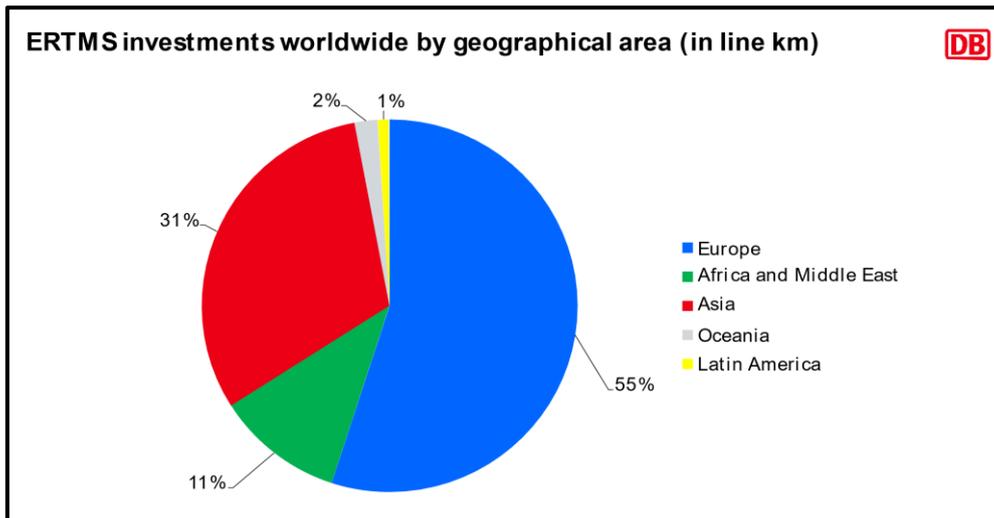


圖 3-4 ETCS 世界發展現況

2. 歐洲列車控制系統等級及運作模式

本次課程著重在 ETCS 基礎介紹，ETCS 雖名為歐洲列車控制系統，但其屬一「概念」架構，並非是制式化且有專屬形式的硬體系統，主要還是為了達到列車與號誌傳輸一致化所定義之技術標準。

ETCS 應用等級

為了考量實務上 ETCS 有設備興建與設施汰換過渡時期，因此有定義出 ETCS 各階段應用等級 (Levels)，分別為 Level 0、Level NTC (或稱 Level STM)、Level 1、Level 2、Level 3 等 (如圖 3-5)。

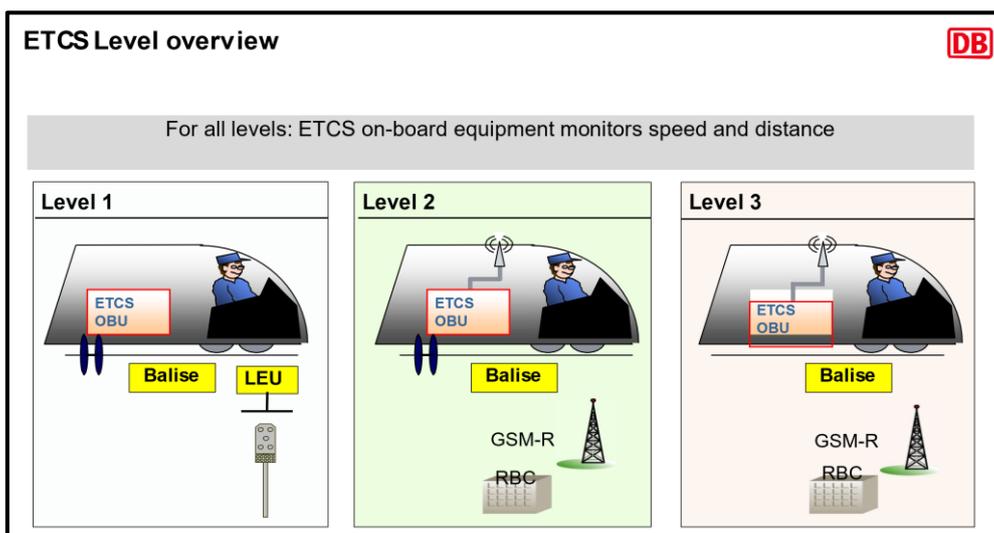


圖 3-5 ETCS Level 1-3 基本架構

Level 0

在 Level 0 等級中只在列車上設有 ETCS 設備，於道旁並無相關 ETCS 設備，列車駕駛需以傳統目視方法注意道旁號誌機顯示條件進行相對應的列車操控，在此階段車載 ETCS 設備功能主要僅在避免列車超過最高速限，且列車與軌道間並無行車資訊進行傳遞（如圖 3-6）。

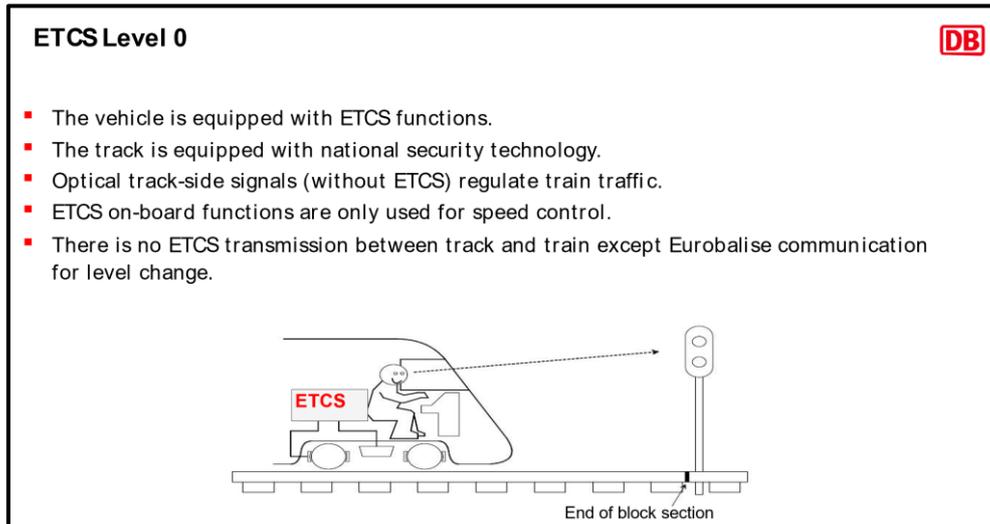


圖 3-6 ETCS Level 0 特性與架構

Level NTC (STM)

在 Level 0 與 Level 1 過渡階段，有一特殊 Level NTC 等級，其在車載 ETCS 設備上需要裝設有本國列車控制模組（National Train Control System, NTC），該模組可識別當地路線的號誌系統資訊，並將識別到的資訊透過一特殊傳輸模組（Specific Transmission Module, STM）轉譯為 ETCS 可辨別的系統格式（如圖 3-7）。

在此階段中，路線的行車資訊經由車載 NTC 設備進行轉譯，並成為 ETCS 可識別的資訊，已可初步達到列車在不同行車系統間運行的效果，但因為 Level NTC 階段仍需藉由列車駕駛目視道旁號誌機的顯示條件，來進行相對應的列車操控，故無法有效應用在高速列車上。

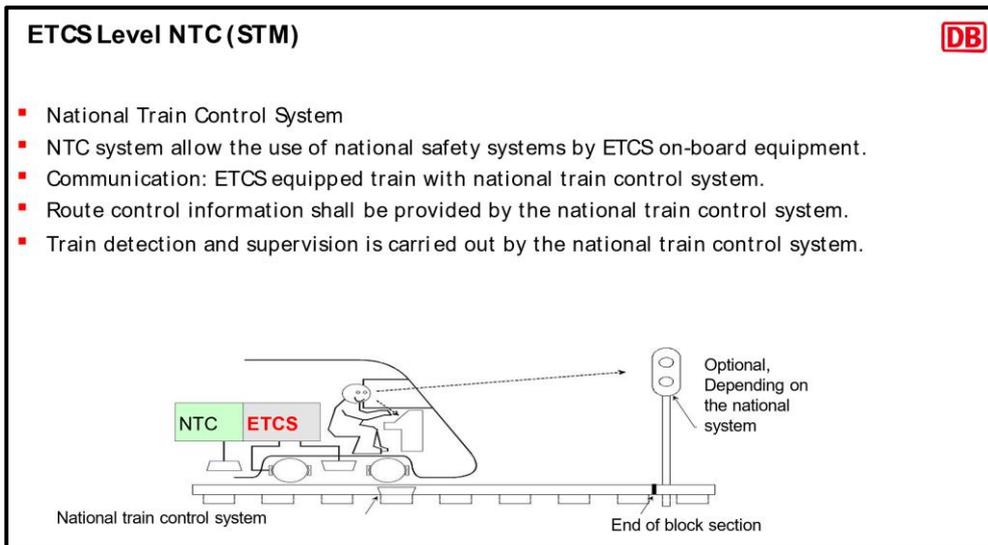


圖 3-7 ETCS LEVEL NTC 特性與架構

Level 1

在 Level 1 階段，道旁仍維持號誌機設備來顯示前方進路條件，但於道旁新增有感應子（Eurobalise）設備，列車透過 Balise 傳輸模組（Balise Transmission Module, BTM）接收感應子提供的行車資訊，該行車資訊再經由 ETCS 車載單元（On Board Unit, OBU）轉換為駕駛可讀資訊，駕駛可透過人機介面（Driver-Machine Interface, DMI）來了解移動授權（Movement Authority）、限速等行車資訊（如圖 3-7）。

藉由標準化的感應子及車載單元，可以達到列車與號誌傳輸一致化的技術標準，這也是 ETCS Level 0 進階至 Level 1 之重要設備。

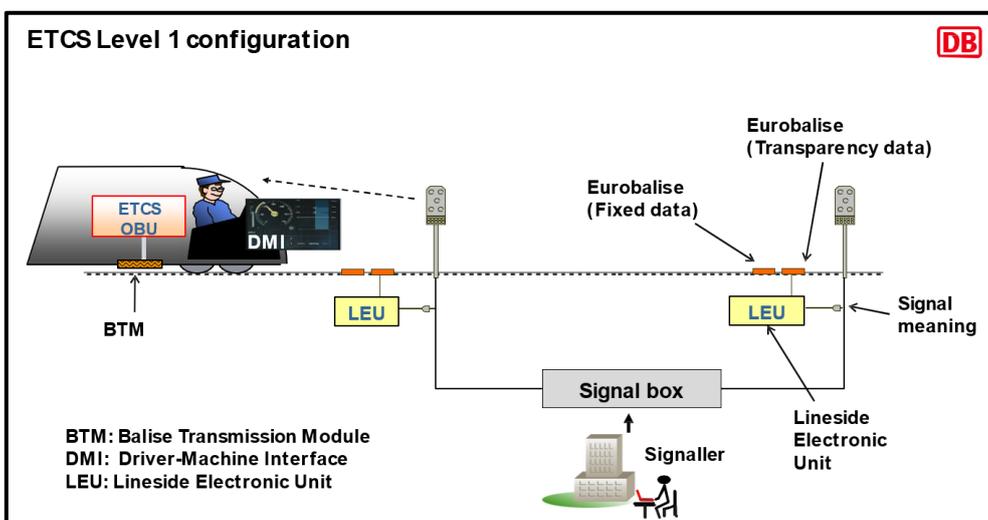


圖 3-7 ETCS Level 1 特性與架構

Level 2

在 Level 2 階段，鐵路雙向無線通訊系統（GSM-R Network）設備的加入，將原本 Level 1 採用道旁號誌機顯示路線條件，改以 GSM-R Network 作為傳輸媒介，所有行車資訊都透過無線閉塞中心（Radio Block Centre, RBC）傳送至列車上，駕駛再透過人機介面瞭解移動授權或速限等行車資訊（如圖 3-8）。

在此階段行車資訊也不必再經由感應子向列車傳送，而都是以鐵路雙向無線通訊系統進行傳送，也因此逐漸取代道旁實體號誌機設備，並開始進入車上號誌（Driver's cab signaling）的發展階段。

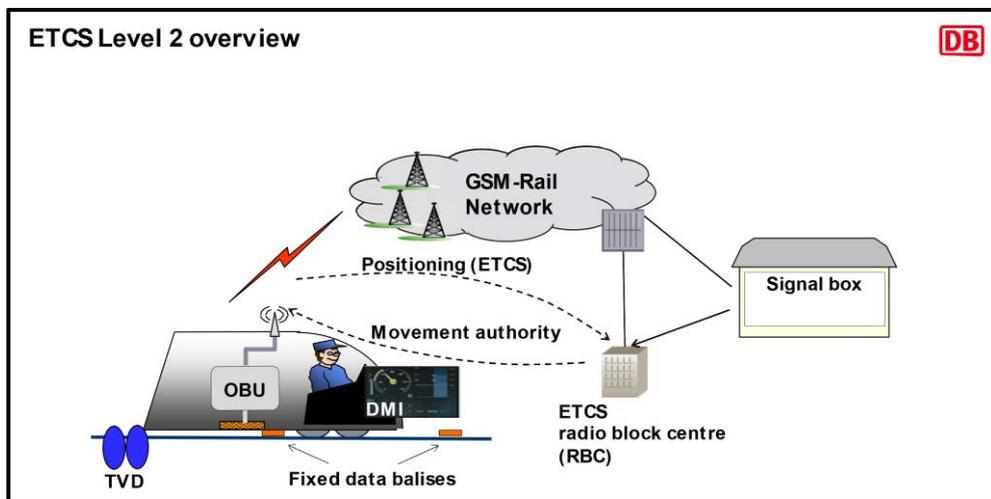


圖 3-8 ETCS Level 2 特性與架構

Level 3

於 Level 3 階段，所有行車資訊仍是透過鐵路雙向無線通訊系統（GSM-R Network）設備進行傳輸，只不過在此階段列車定位已經不是經由感應子定位，而係直接透過車載單元進行無線傳輸定位，在此階段中將可實現移動閉塞（Moving Block）的目標（如圖 3-8）。

在 Level 3 階段，也取消了傳統軌道電路或計軸設備來對列車進行定位偵測，所以對於列車完整性（Train Integrity）監控是非常重要的安全議題，因此在 ETCS 車載單元上必須考量到列車完整性監控，來避免當有列車分離事故發生時，該分離之車輛無法被定位的嚴重結果發生。

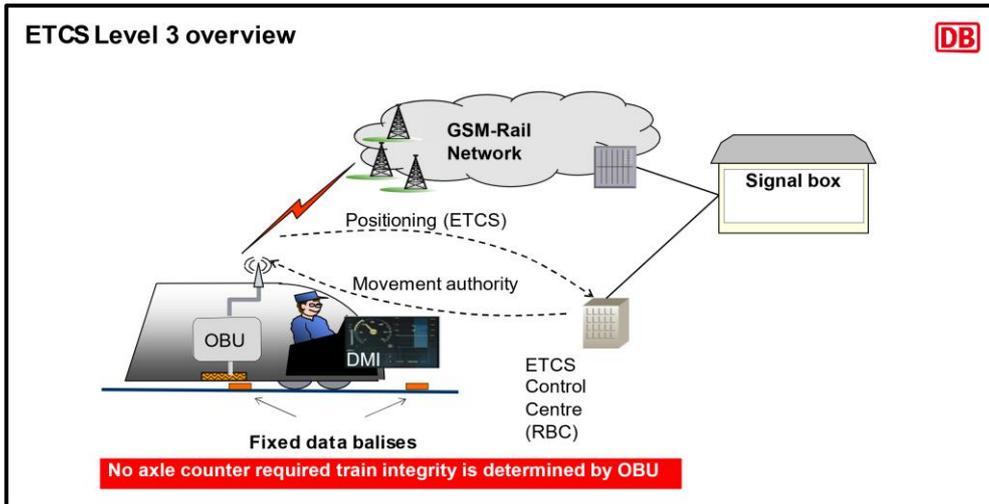


圖 3-9 ETCS Level 3 特性與架構

3. 歐洲列車控制系統道旁設備

課程進一步介紹 ETCS 的道旁設備架構，包含感應子 (Balises)、道旁電子單元 (LEU)、沿線傳輸電纜 (Euroloop)、無線閉塞中心 (RBC)、無線電傳輸單元 (Radio Linfill Unit) 等設備 (如圖 3-10)，其中最關鍵的設備即為感應子。

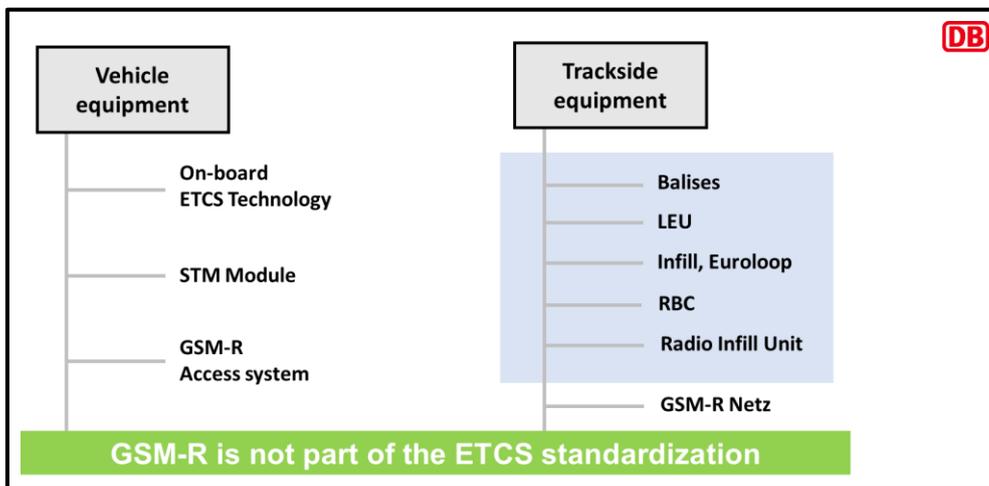


圖 3-10 ETCS 道旁設備架構

感應子最主要功能在於擔任列車與道旁設備間的重要傳輸介面，在 Level 1 階段中，也是讓列車可接收到運轉及安全資訊的關鍵設備之一 (如圖 3-11)，一直到 Level 2 階段後，即使行車資訊改由 GSM-R Network 進行傳輸，但感應子仍存有列車位置定位或校正之功能。

What are balises? 

Balises are...

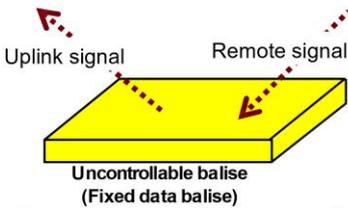
- point and passive transmission devices of the track, which are fixed in the middle of the track
- used to transmit information between trackside and on-board equipment
- used to transmit operational and safety-related information to the train passing over it



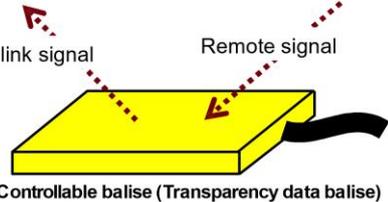

圖 3-11 感應子基礎功能

感應子依照形式區分，可進一步分為可控式（Controllable）感應子及非可控式（Uncontrollable）感應子，非可控式感應子僅在提供列車固定資訊，如路段速限、里程等此類固定資訊；而可控式感應子則是與道旁電子單元進行連結，並依據號誌條件、閉塞條件等動態情況，將移動授權等行車資訊提供給列車（如圖 3-12、圖 3-13）。

Types of balises 



**Uncontrollable balise
(Fixed data balise)**



Controllable balise (Transparency data balise)



Balise group consisting of two balises

Connection to LEU

圖 3-12 感應子形式

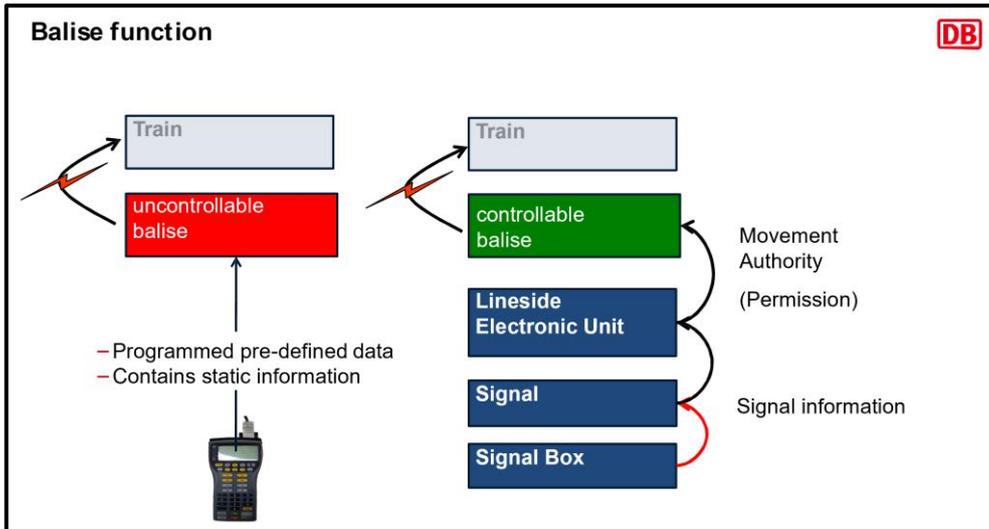


圖 3-13 感應子作用程序

4. 歐洲列車控制系統車載設備

而有關 ETCS 的車載設備方面，包含車載單元（On-board ETCS Technology）、特殊傳輸模組（STM Module）、通訊系統存取設備（GSM-R Access system）等（如圖 3-14）。

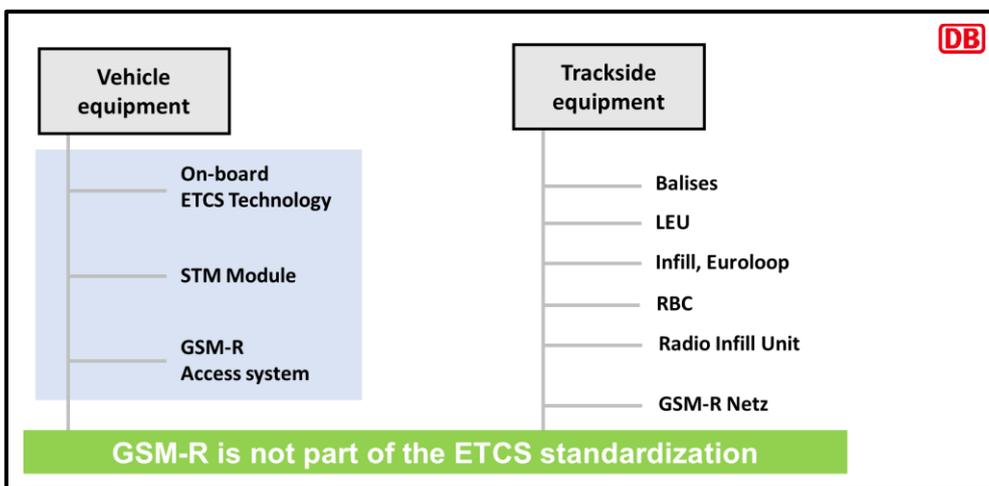


圖 3-14 ETCS 車載設備架構

其中在 ETCS 車載設備上，最重要的即屬車載單元，在車載單元中主控核心電腦（European Vital Computer, EVC）可將列車上重要設備進行串聯，除了經由 GSM-R 及 BTM 進行行車資訊傳輸外，也必須將這些行車資訊透過 DMI 傳遞給駕駛，此外列車車速計算、煞車介入、事件紀錄等功能，也都是經由 EVC 進行資訊的串聯與傳遞（如圖 3-15、圖 3-16）。

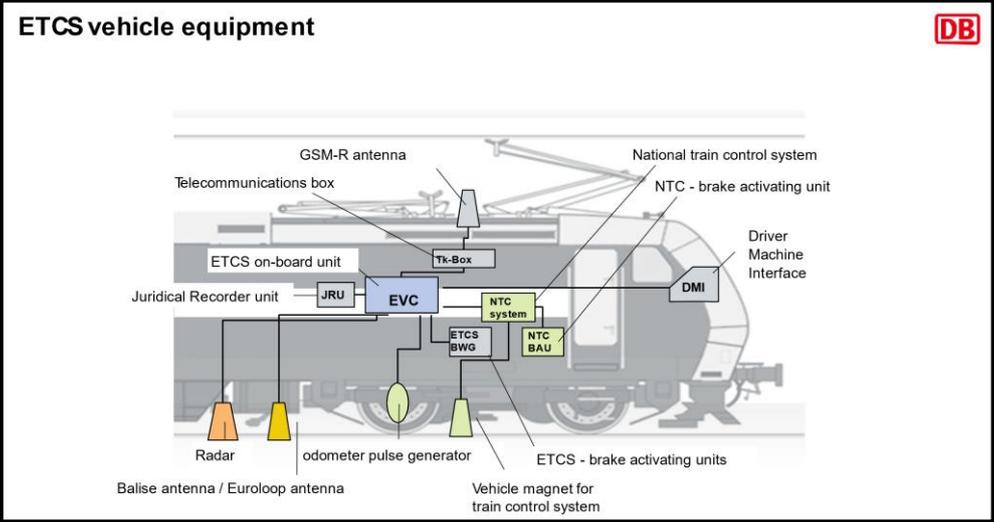


圖 3-15 ETCS 車載設備-1

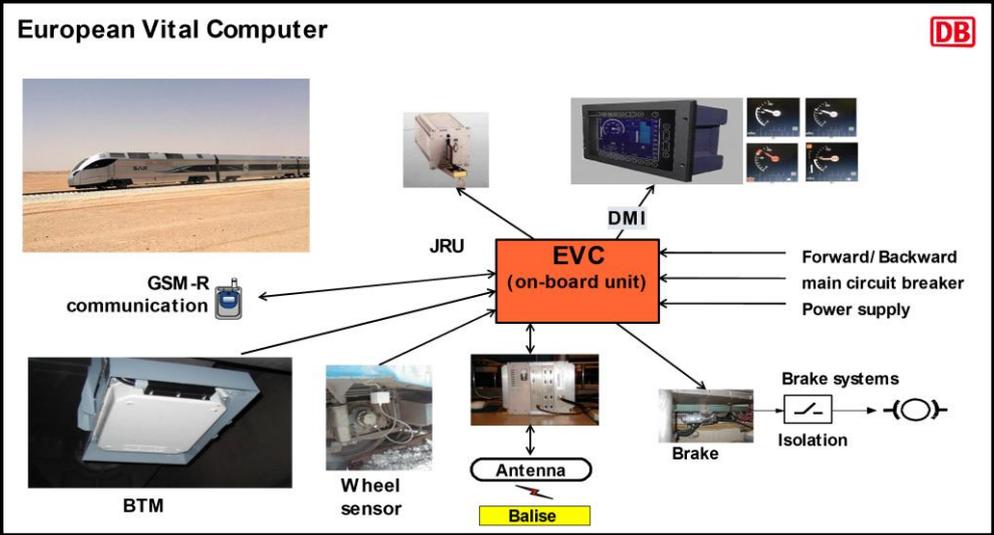


圖 3-16 ETCS 車載設備-2

肆、建議

本次參與「歐洲列車控制系統（ETCS）基礎線上訓練課程」內容充實且有助於學員吸收有關於號誌系統之新知。惟本會負責國內重大鐵道事故調查，受限於國內鐵道營運業者所使用之號誌系統均不相同，加上本次德國國家鐵路公司鐵道學院辦理之課程，主要訓練之目的是在讓學員對 ETCS 有基本之概念，相對於號誌層面較未深入探討。

因此建議本會未來在進行鐵道號誌相關訓練課程時，可優先挑選國內現有之號誌系統進行課程安排，以強化本會可能面臨的事故類型，並加強鐵道調查人員之專業技術。

參加「歐洲列車控制系統（ETCS）基礎線上訓練課程」出國報告

服 務 機 關：國家運輸安全調查委員會

出 國 人 職 稱：鐵道調查組副調查官 / 副調查官

姓 名：樊德成 / 洪偉喆

出 國 地 區：德國國家鐵路公司鐵道學院（遠距線上訓練課程）

出 國 期 間：民國 110 年 06 月 28 日至 06 月 29 日

報 告 日 期：民國 110 年 09 月 24 日

建議事項：

	建議項目	處理
1	建議本會未來在進行鐵道號誌相關訓練課程時，可優先挑選國內現有之號誌系統進行課程安排，以符合本會在鐵道調查上之需求。	<input type="checkbox"/> 已採行 <input checked="" type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行
2	建議參訓人員將課程內容進行重點整理，並以簡報說明之方式，與會內同仁進行知識分享（預計 110 年 11 月辦理）。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行