Introduction to Signalling & Train Control System

Manachai Wattanahuttakum

Head of Rail System & Rolling Stock

Eastern High Speed Rail Linking 3 Airport

10/11/2021

-Manachai W-

ASIA ERA ONE

Signaling technology

- *Braking Principle- Signal related & SIG element definitions*
- *Train detection system*
- *Advance Train Protection system*
- *Signaling Standards*
- *Metro Signaling application*
- *ERTMS/ ETCS system*

Train braking principle – signal related & SIG element definitions

ทำไมต้องมีระบบอาณัติสัญญาณสำหรับการเดินรถไฟ

Source: UIC

ระยะทางของการเร่งความเร็วจาก 0 ถึง 300 กม/ชม = 10-20 กม

การเดินรถที่ความเร็ว 300 กม/ชม:

1 กม =12 วินาที;

1 นาที = 5 กม

Speed (km/h)	Braking distance (m)
200	1,940
250	3,130
300	4,690
330	5,840
350	6,729

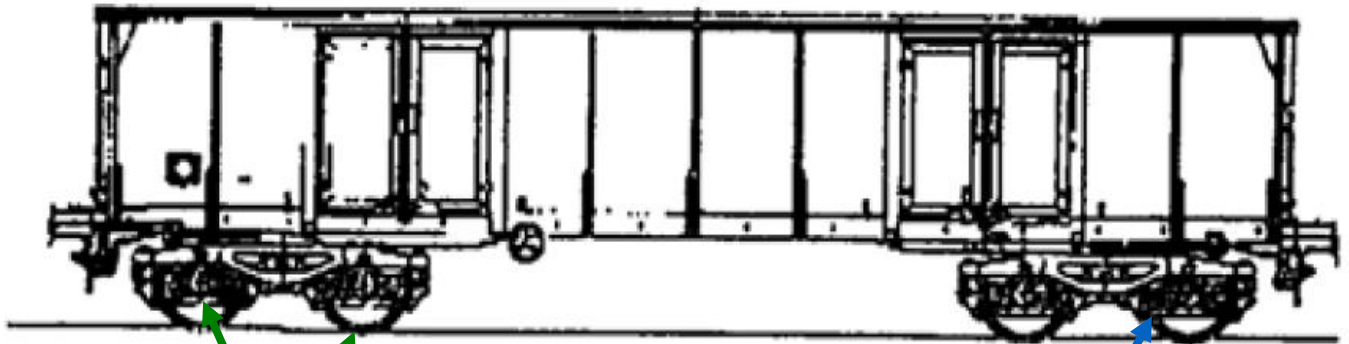
ตัวแปรข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานและรถไฟ

Source: illnois Railroad Eng

แรงเสียดทานต่อการเคลื่อนที่ของรถไฟ – All Vehicle Resistances

$$R = AW + BV + CV^2$$

C ความต้านทานที่แปรเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดขวางของขบวนรถไฟ เส้นสาย ทรวดทรงของตัวรถทั้งด้านหน้าและด้านหลัง และพื้นผิวของขบวนรถที่มีผลกระทบให้เกิดความเสียดทานของอากาศที่ไหลผ่านขณะเคลื่อนที่

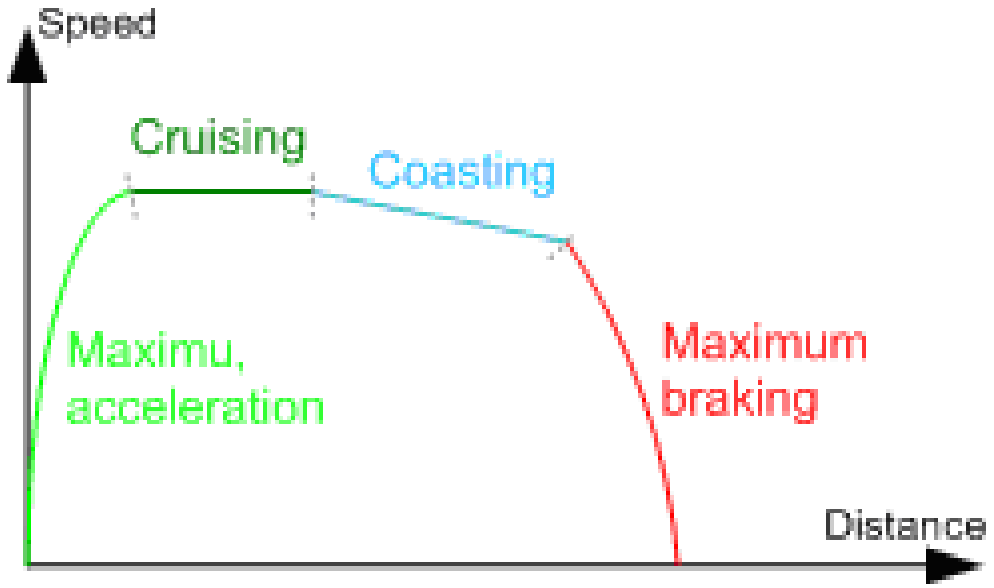


A ความต้านทานที่แปรเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับน้ำหนักกดเพลา ซึ่งรวมถึงแรงเสียดทานของแบริ่ง และ ความเสียดทานของรางหรือทางรถไฟ ซึ่งขึ้นอยู่กับน้ำหนักเป็นหลัก

B ความต้านทานที่แปรเปลี่ยนไปขึ้นอยู่โดยตรงกับความเร็ว หลัก ๆ แล้วเกี่ยวกับความเสียดทานของครีบล้อและผลกระทบจากการเกิด Sway & oscillation ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วเป็นสำคัญ

พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของรถไฟ

Acceleration, Cruising, Coasting and Deceleration.



ส่วนของช่วงการเร่งความเร็ว (Acceleration section)

ในส่วนนี้ แรงขับเคลื่อนที่มีทั้งหมดจะถูกใช้เพื่อให้ได้ระยะเวลาสั้นที่สุด โดยมีแรงต้านคือแรงเสียดทานทั้งหลาย ผลต่างของแรงและความเร่งนั้นไม่คงตัว ดังนั้นสำหรับการเพิ่มขึ้นความเร็วอย่างคงตัวนั้น ไม่สามารถคำนวณง่าย ๆ โดยใช้สมการของนิวตัน (Newton formula) ได้ ต้องใช้การแก้ปัญหาด้วยสมการ Differential Equation

ส่วนของช่วงความเร็วคงที่ (Cruising section)

เมื่อรถไฟเร่งความเร็วจนถึงขีดจำกัดความเร็วแล้ว หลังจากนั้นจะเปลี่ยนไปใช้ความเร็วคงที่ในการเคลื่อนที่ต่อไป ส่วนนี้สามารถใช้สมการของนิวตันได้ ตราบเท่าที่แรงขับเคลื่อนหักลบด้วยแรงเสียดทานยังให้ผลเป็นบวก โดย

พึงระลึกว่าถ้าการเคลื่อนที่เข้าสู้ส่วนของเส้นทางที่เป็นทางชัน อาจทำให้แรงเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้น จึงอาจมีความจำเป็นจะต้องเปลี่ยนการคำนวณไปเป็นแบบที่มีการเร่งความเร็วเข้ามาเกี่ยวข้อง ในที่นี้ความเร่งจะติดลบ เรียกความหน่วงในกรณีที่ทางชันเป็นทางลงเนิน มีค่าเป็นลบ ซึ่งรถไฟอาจต้องใช้เบรกเพื่อรักษาความเร็วไม่ให้เกินขีดจำกัด ตราบเท่าที่แรงเบรกยังมีค่าเพียงพอในการควบคุมความเร็วก็จะไม่มีผลต่อระยะเวลาเดินรถ

ส่วนของช่วงปล่อยไหล (Coasting section)

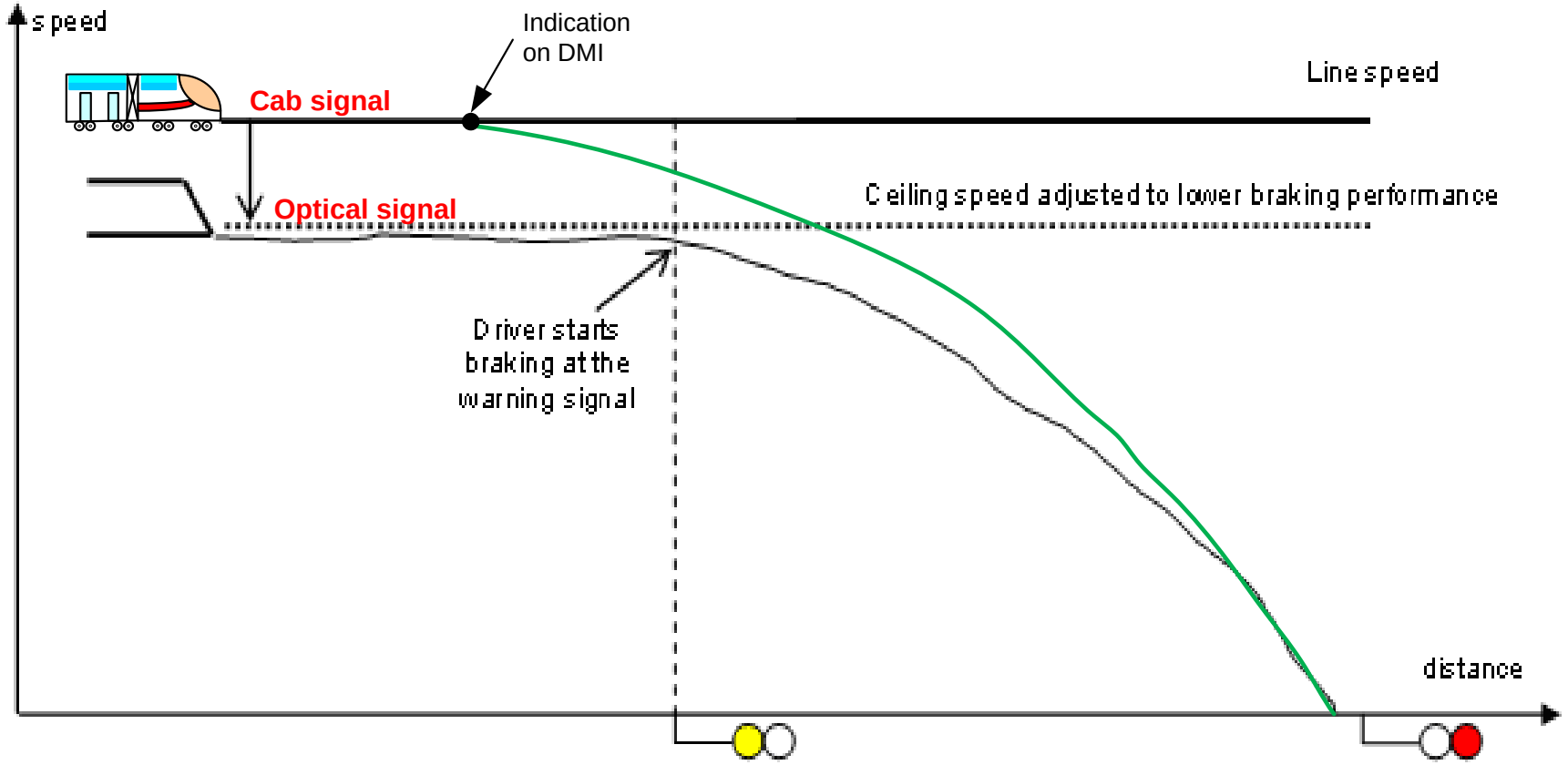
ในส่วนนี้การคำนวณจะคล้ายช่วงการเร่งความเร็วโดยไม่มีแรงขับเคลื่อน อย่างไรก็ดี ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการคำนวณว่าต้องการการปล่อยไหลหรือเปล่าและจะกำหนดจุดเริ่มต้นอย่างไร ปกติไม่ใช้การปล่อยไหลในการสร้างตารางเวลาเดินรถ เพราะมีต้องการระยะเวลาเดินรถที่สั้นที่สุดโดยมีเวลาเผื่อไว้ให้อยู่แล้ว

ส่วนของช่วงการเบรก (Braking section)

การประมาณเวลาเดินรถในช่วงของการเบรกก่อให้เกิดข้อโต้แย้งได้อย่างมาก ในทางทฤษฎีสามารถพิจารณาเป็นช่วงการเร่งความเร็วโดยแทนที่แรงขับเคลื่อนของรถไฟด้วยแรงเบรก

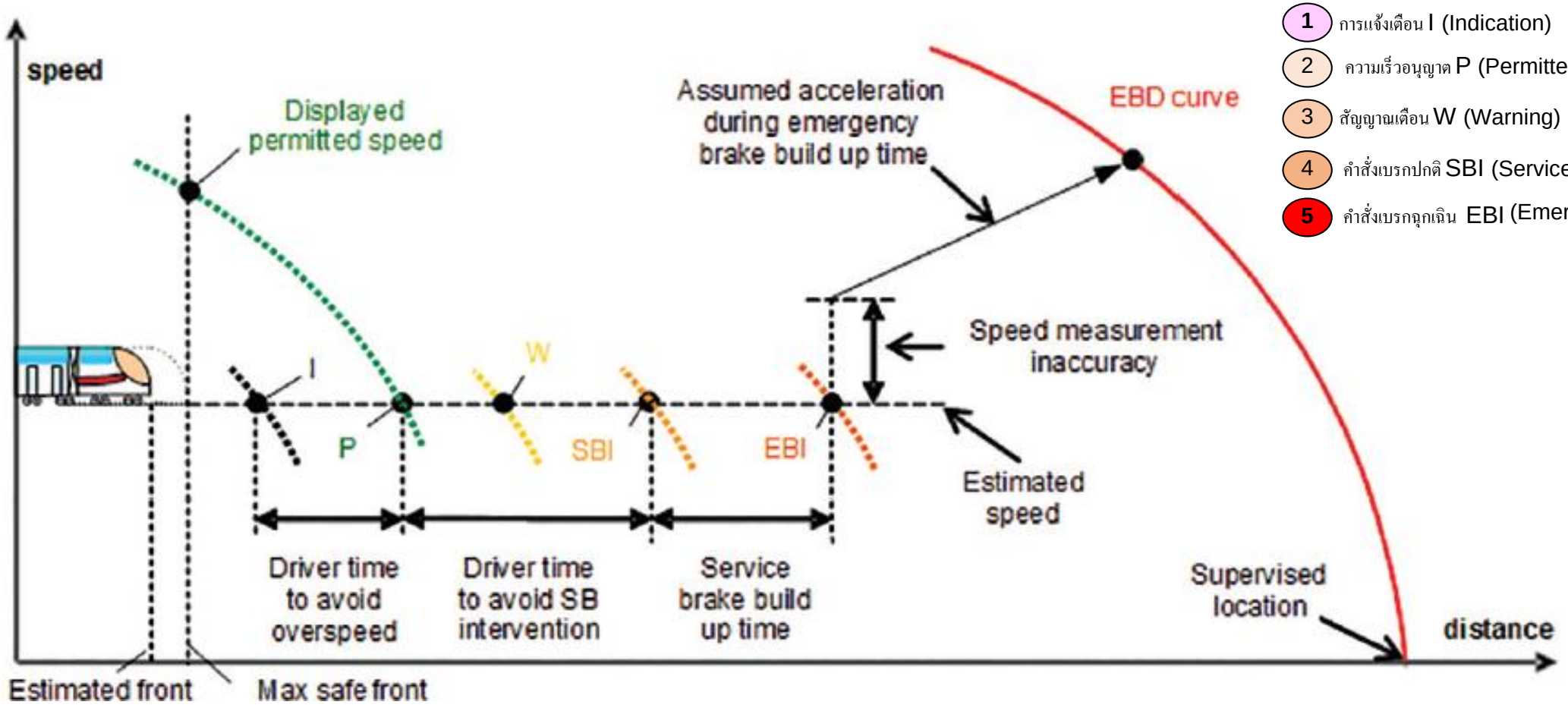
การตอบสนองของเจ้าหน้าที่ขับรถไฟกับการเบรก — Optical VS Cab signals

Source: ระบบควบคุมรถไฟและการอาณัติสัญญาณเบื้องต้น



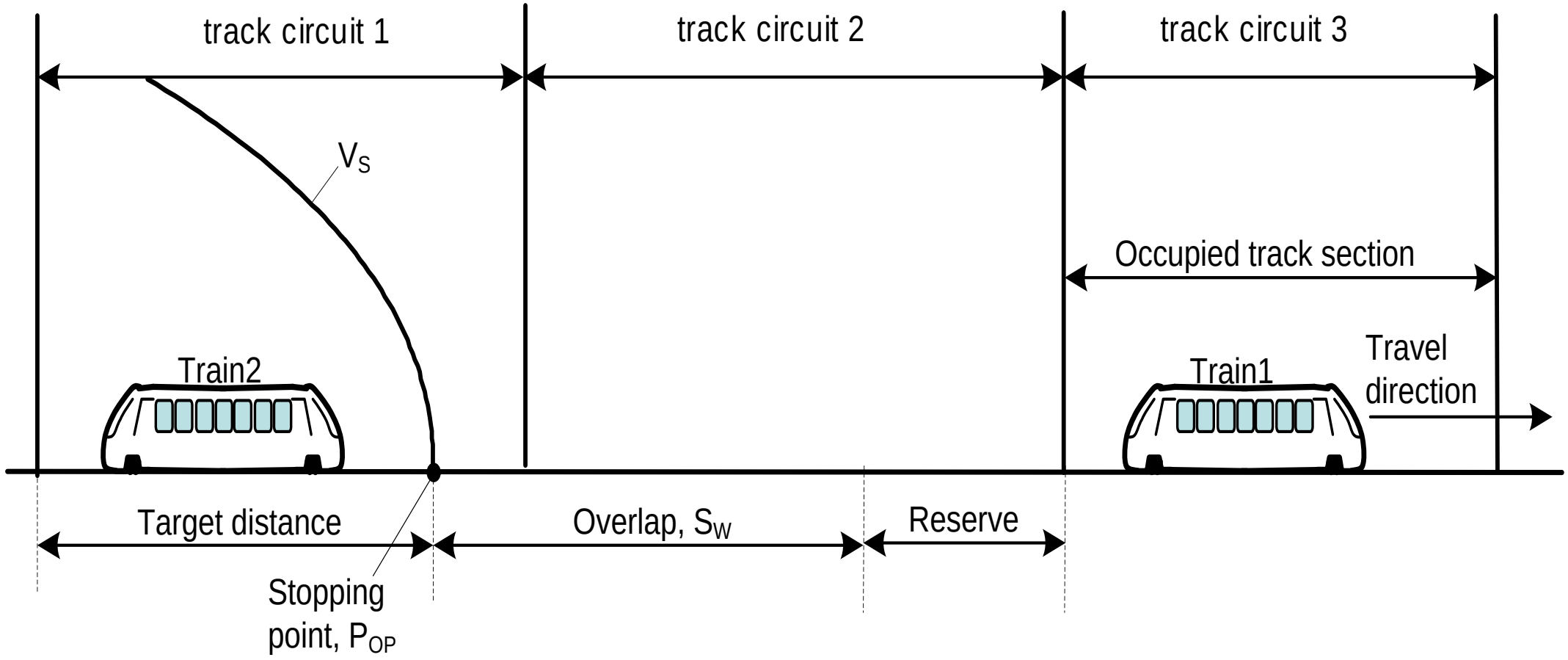
ส่วนประกอบเส้นโค้งการเบรกของรถไฟ

Source: ระบบควบคุมรถไฟและการอาณัติสัญญาณเบื้องต้น



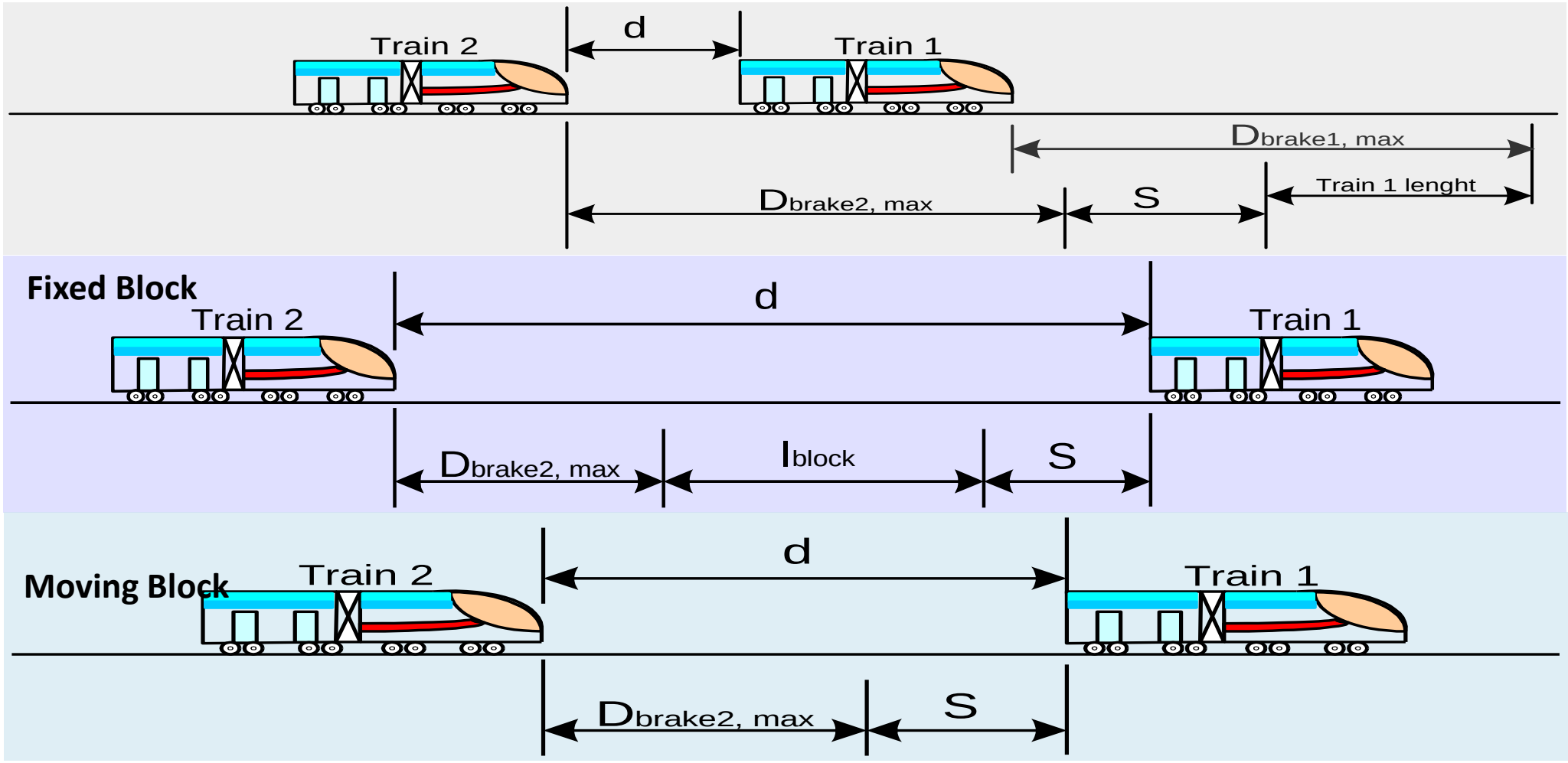
1. การแจ้งเตือน I (Indication)
2. ความเร็วอนุญาต P (Permitted Speed)
3. สัญญาณเตือน W (Warning)
4. คำสั่งเบรกปกติ SBI (Service Brake Intervention)
5. คำสั่งเบรกฉุกเฉิน EBI (Emergency Brake Intervention)

ระยะ overlap ของการเดินรถไฟ



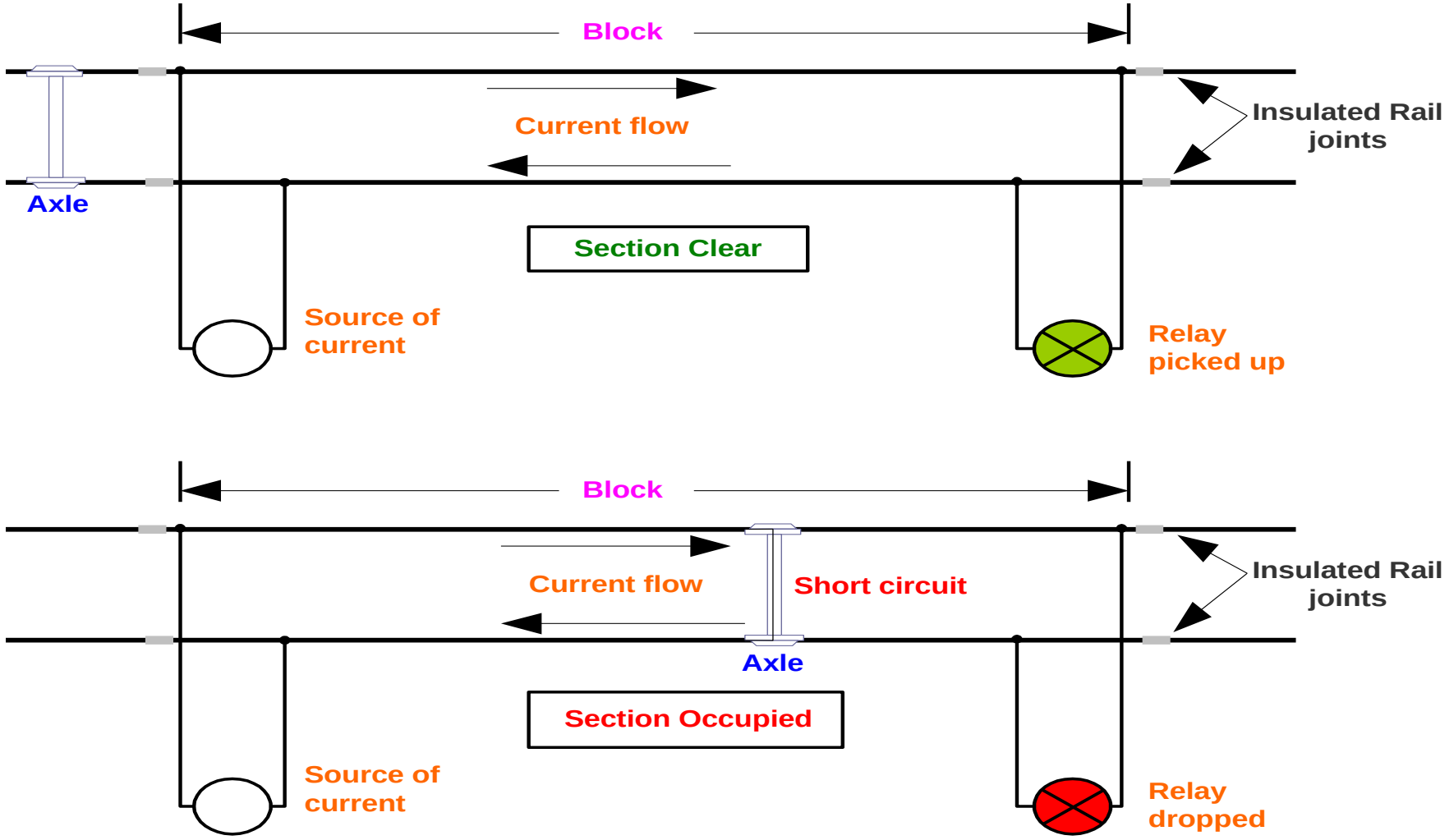
การรักษาระยะห่างโดยใช้ ความสัมพันธ์ของระยะเบรกของสองขบวน

Source: Railway operation control by Pro fess Dr Joern Pachl

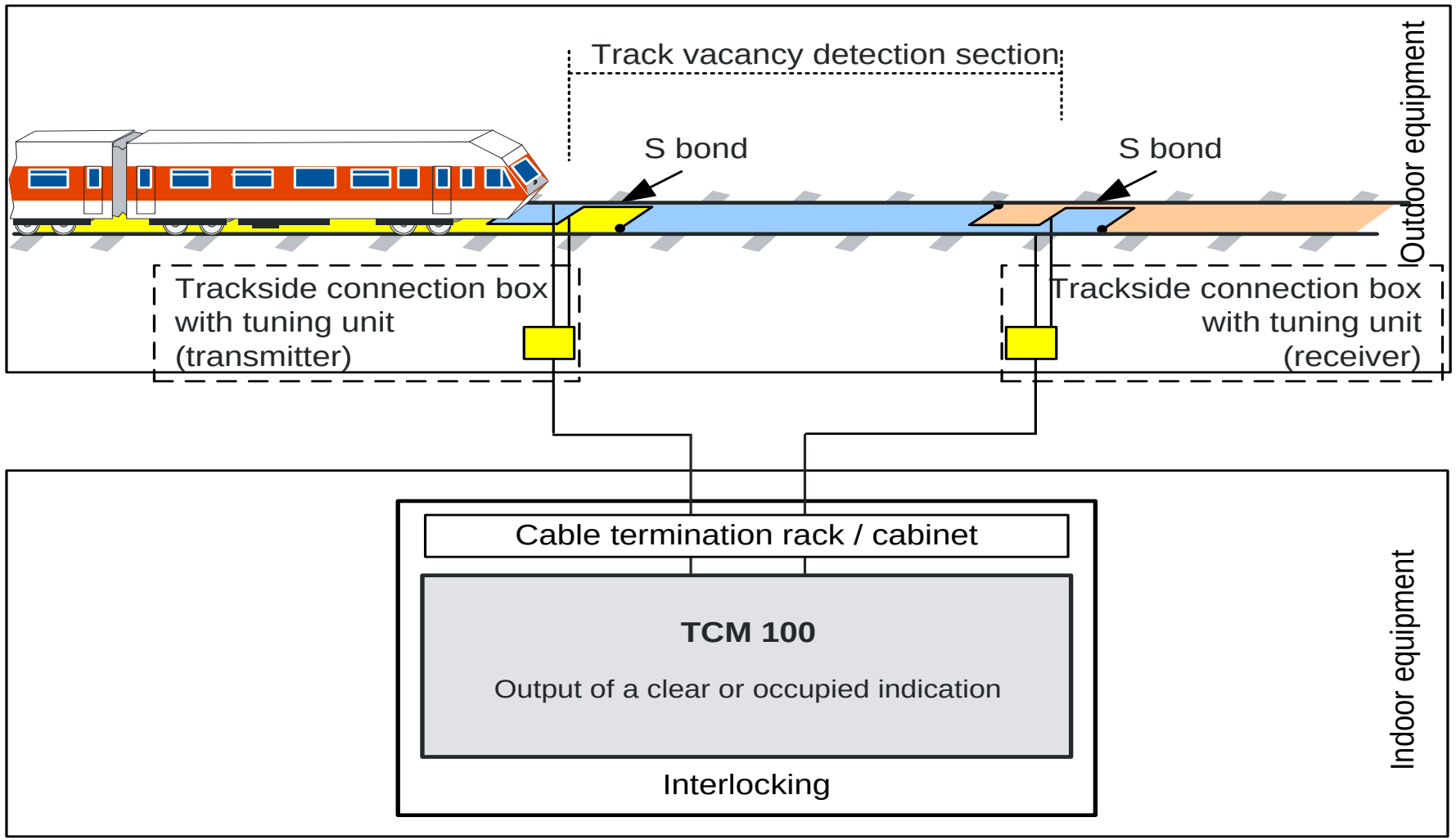


Train detection system

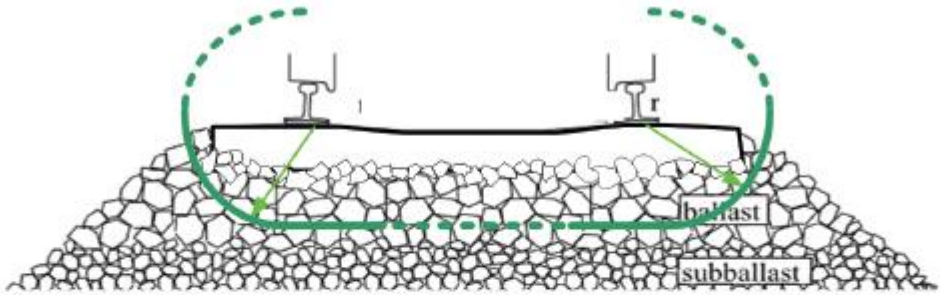
หลักการของวงจรไฟตอน (Track Circuit Principle)



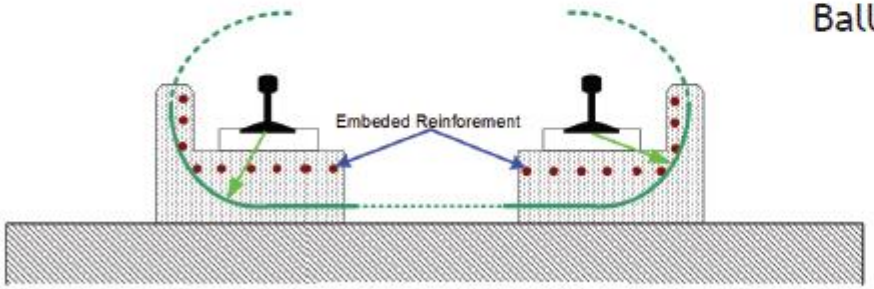
1. ระบบวงจรไฟตอน (Track Circuit System) ชนิด Jointless track circuit



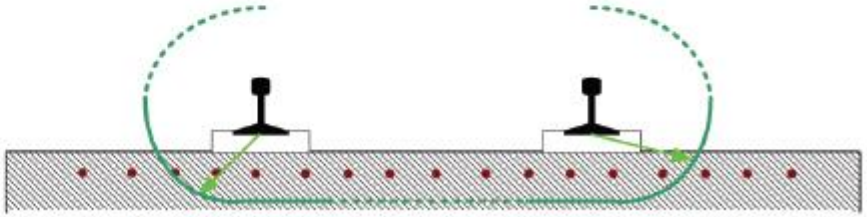
โครงสร้างรองรับ Track Circuit



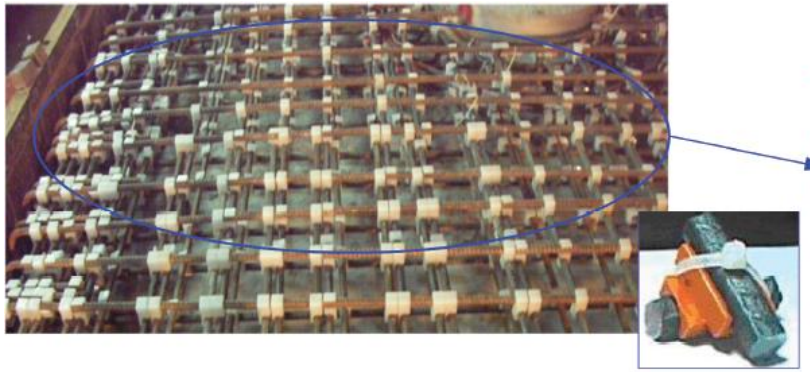
Ballast track



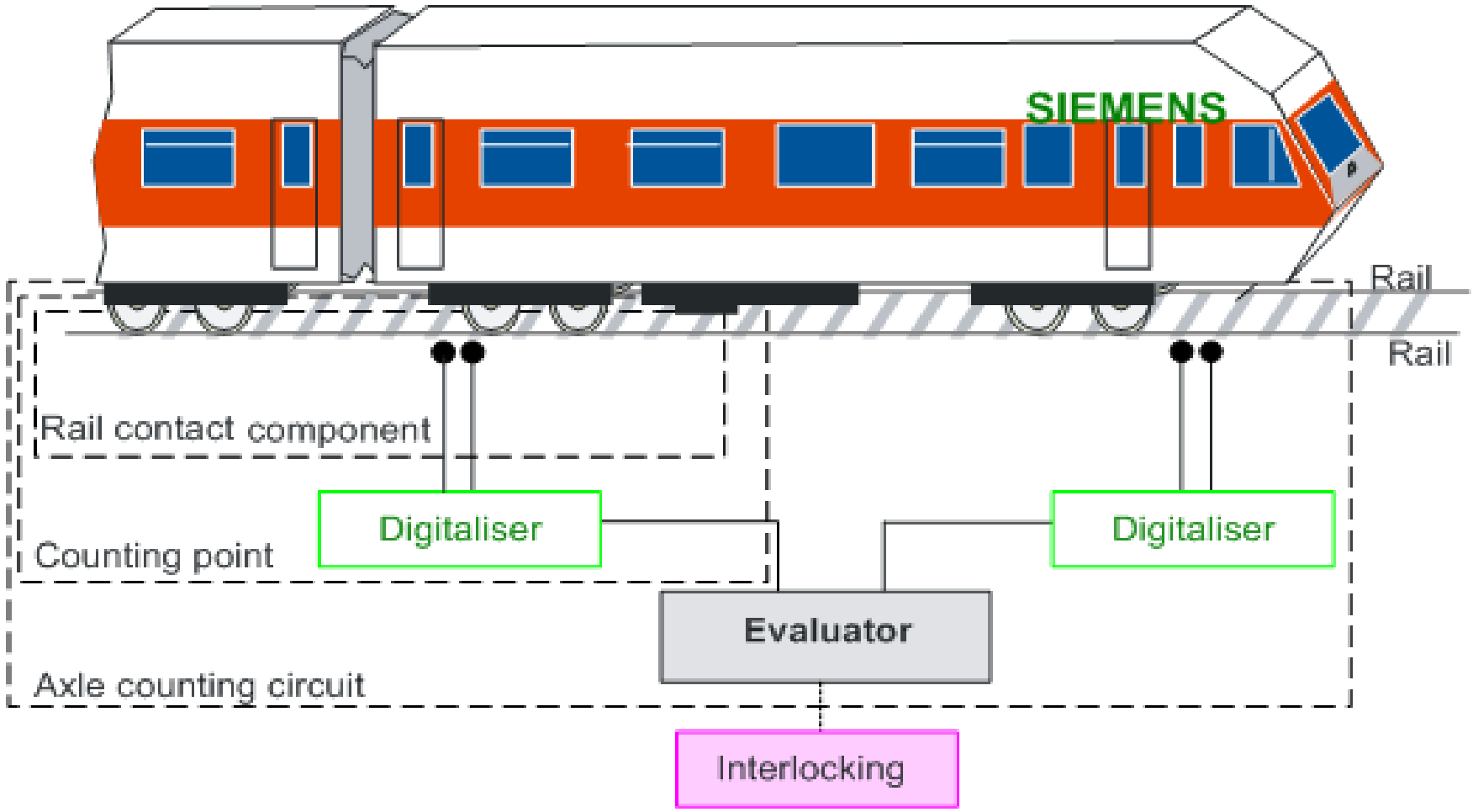
Slab track-plinth



Slab track-direct fixation or bi/ mono-blocks

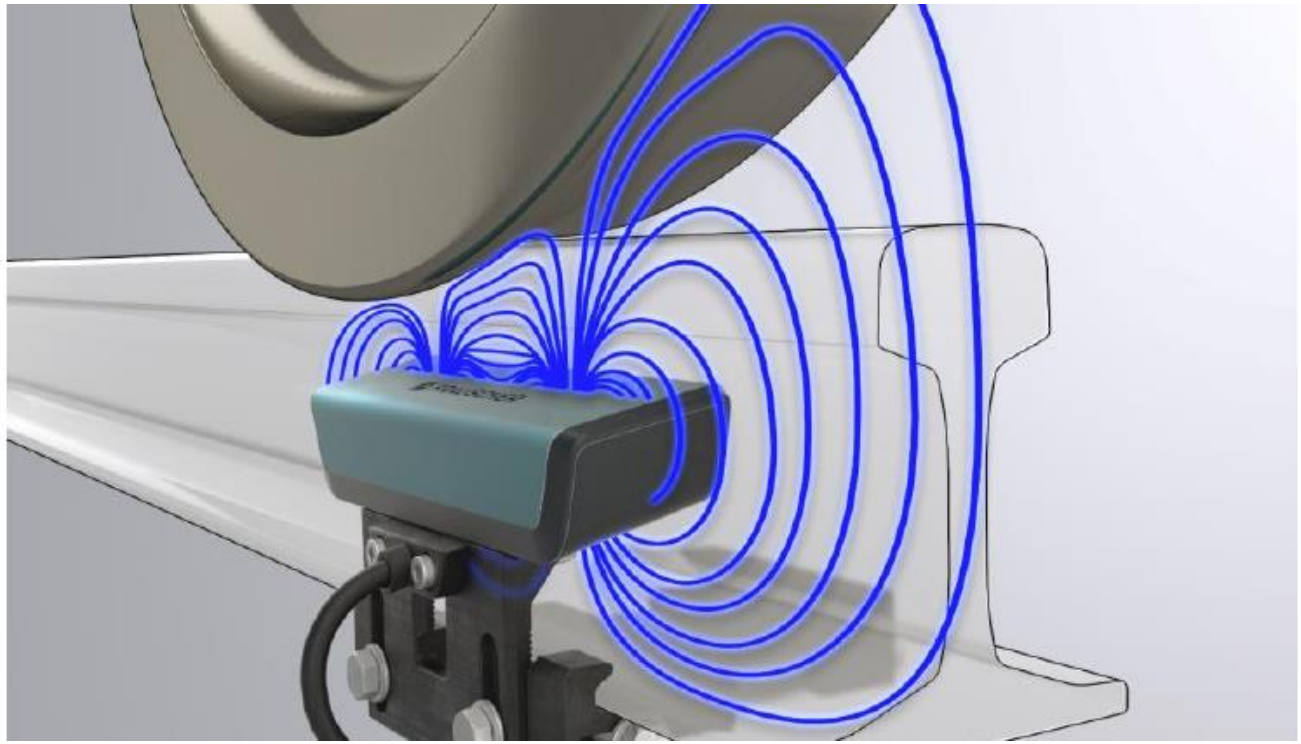


2. ระบบตรวจนับเพลา (Axle Counting System)



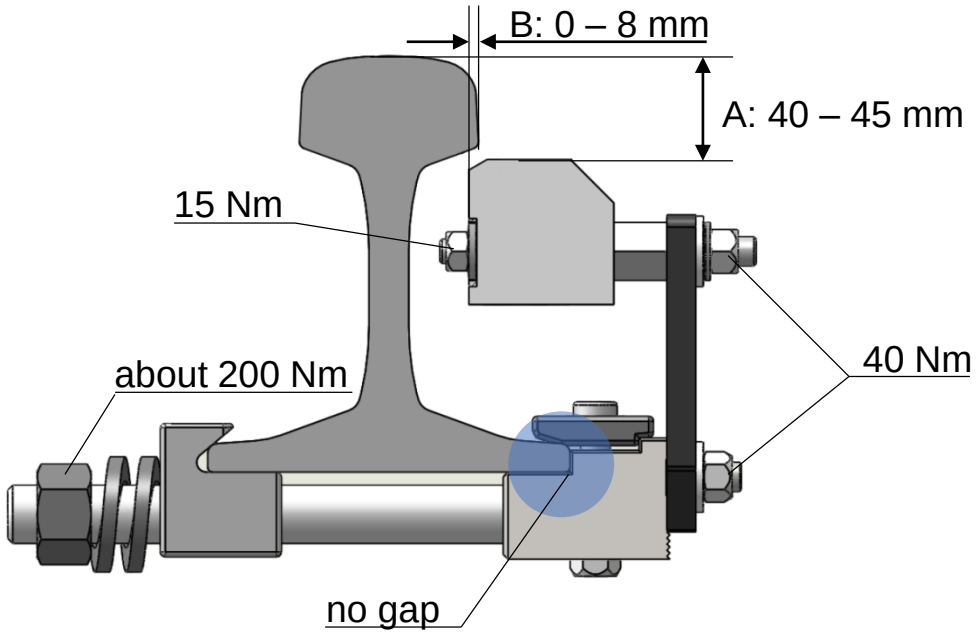
ตัวอย่างการทำงานของ Axle counter

Failsafe wheel-detection as the central core component of a reliable axle counting system provides digital data like

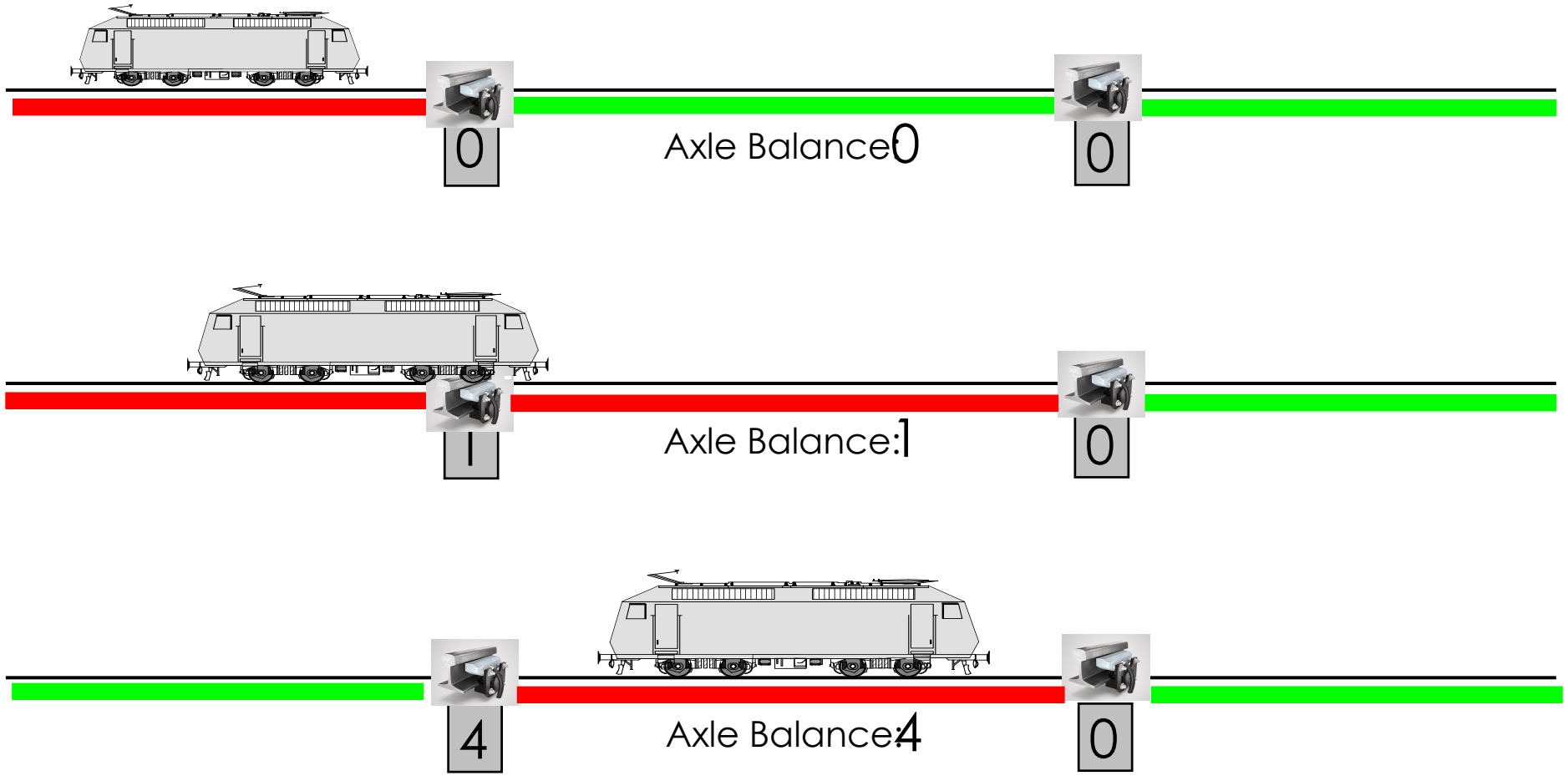


- Simple wheel detection (vital)
- Direction (vital)
- Speed
- Wheel diameter
- Wheel centre point

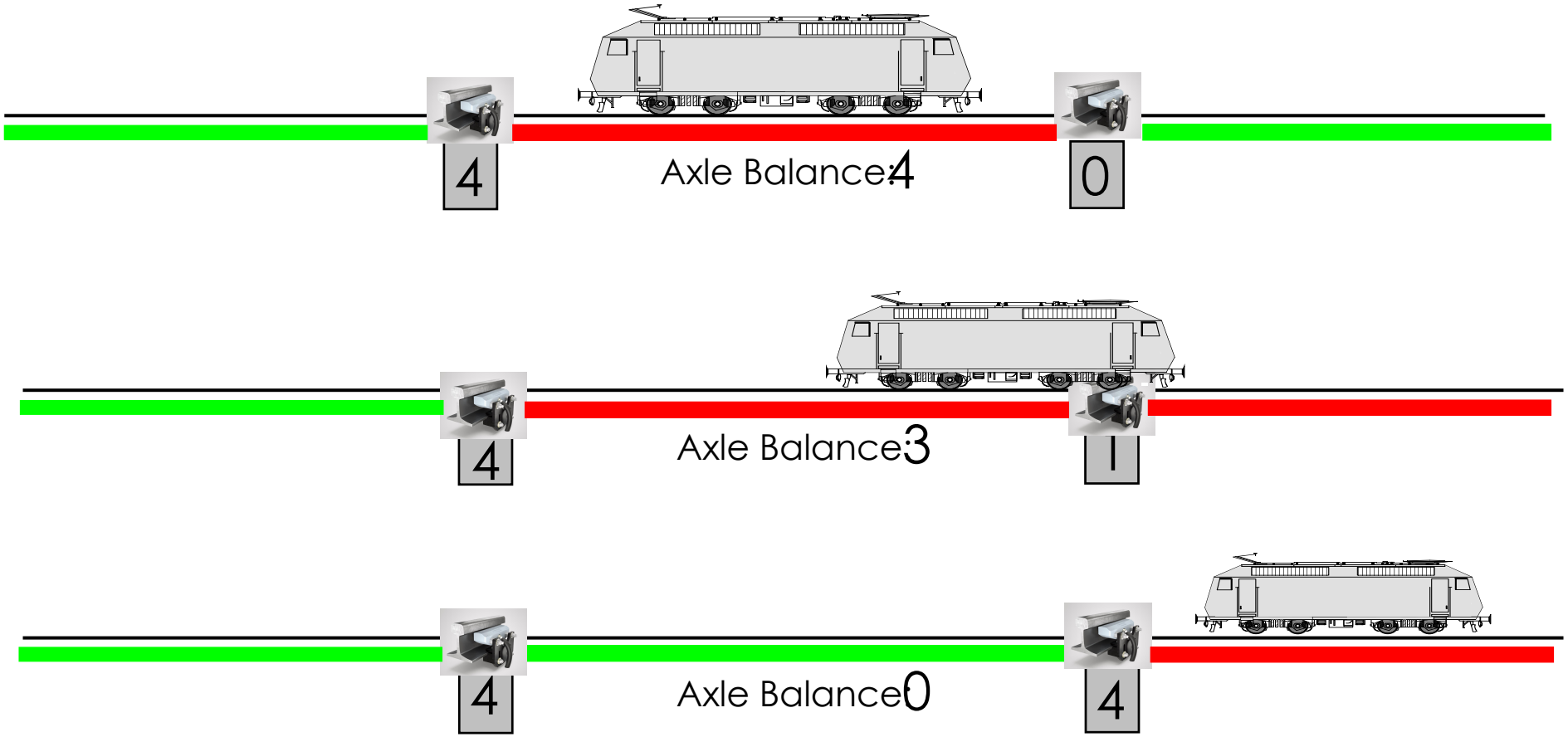
ตัวอย่างการติดตั้ง Axle counter



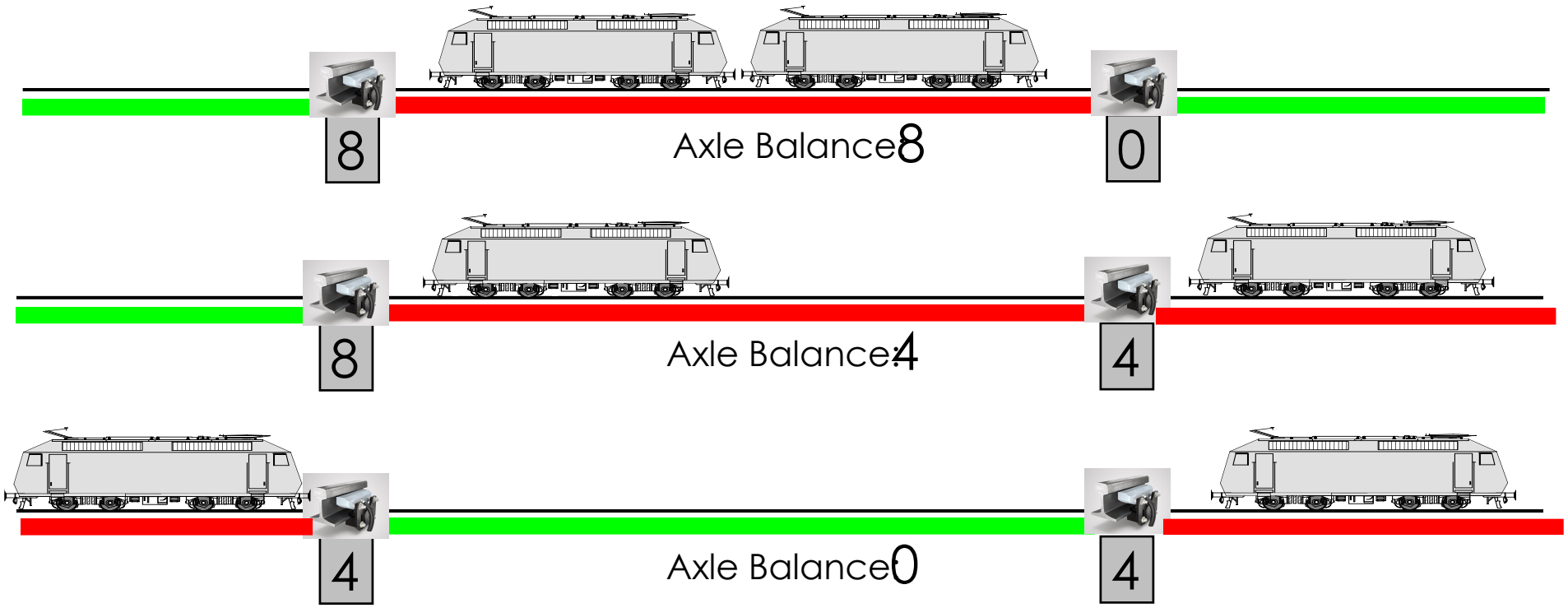
2. การทำงานของระบบตรวจนับเพลา (Axle Counting System)-1



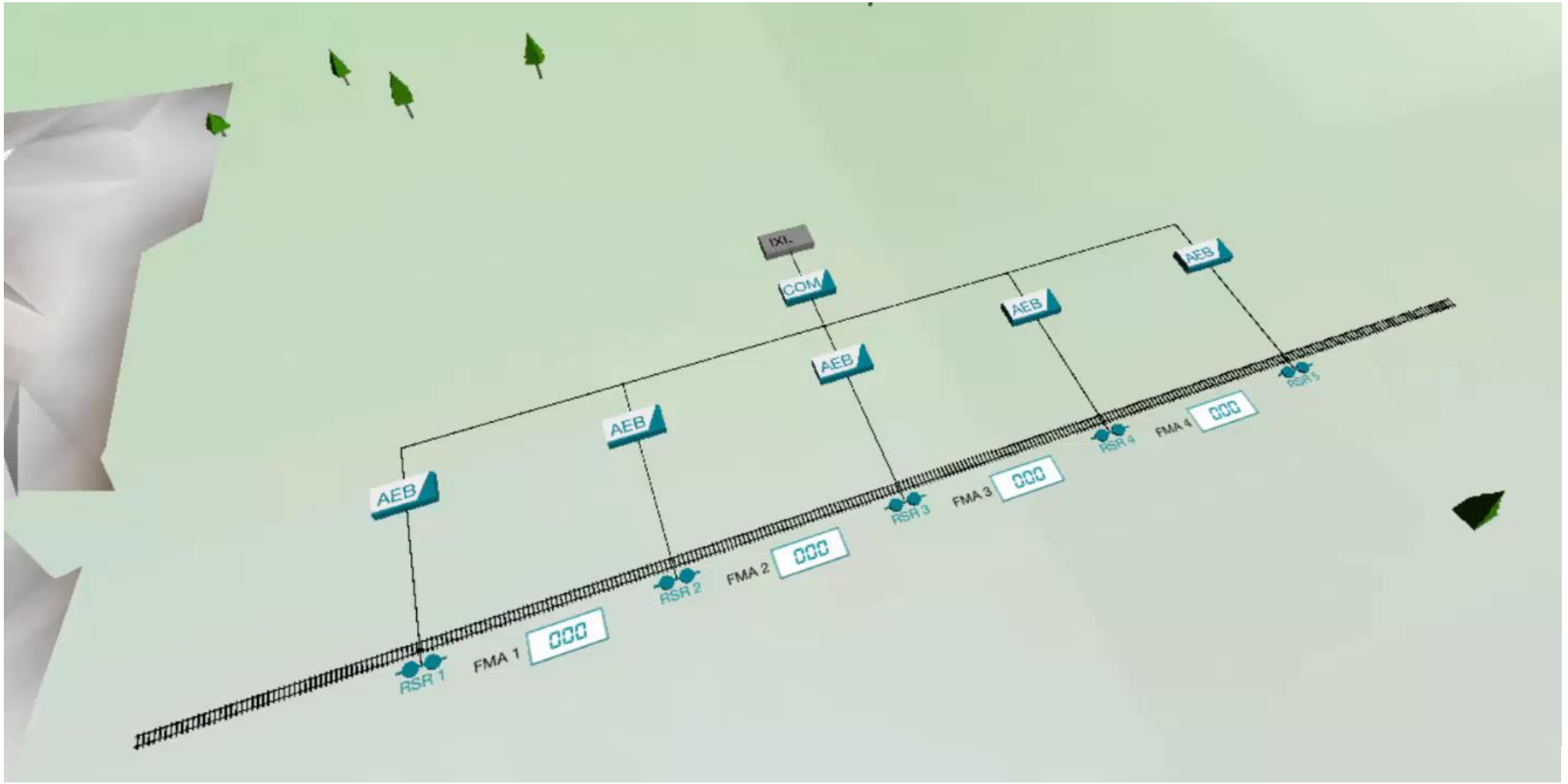
2. การทำงานของระบบตรวจนับเพลา (Axle Counting System)-2



2. การทำงานของระบบตรวจนับเพลา (Axle Counting System)-3



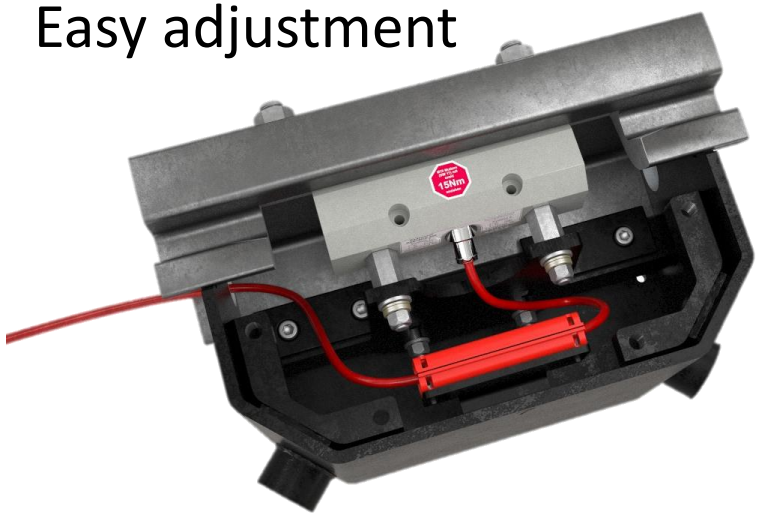
2. การทำงานของระบบตรวจนับเพลา (Axle Counting System)-3

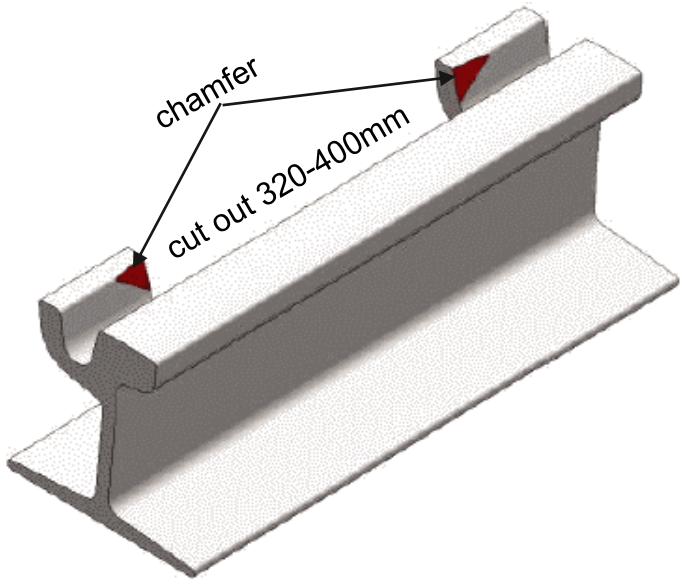


ตัวอย่าง Axle counter ชนิด Grooved Rail Installation

For all common grooved rail profiles

Easy adjustment

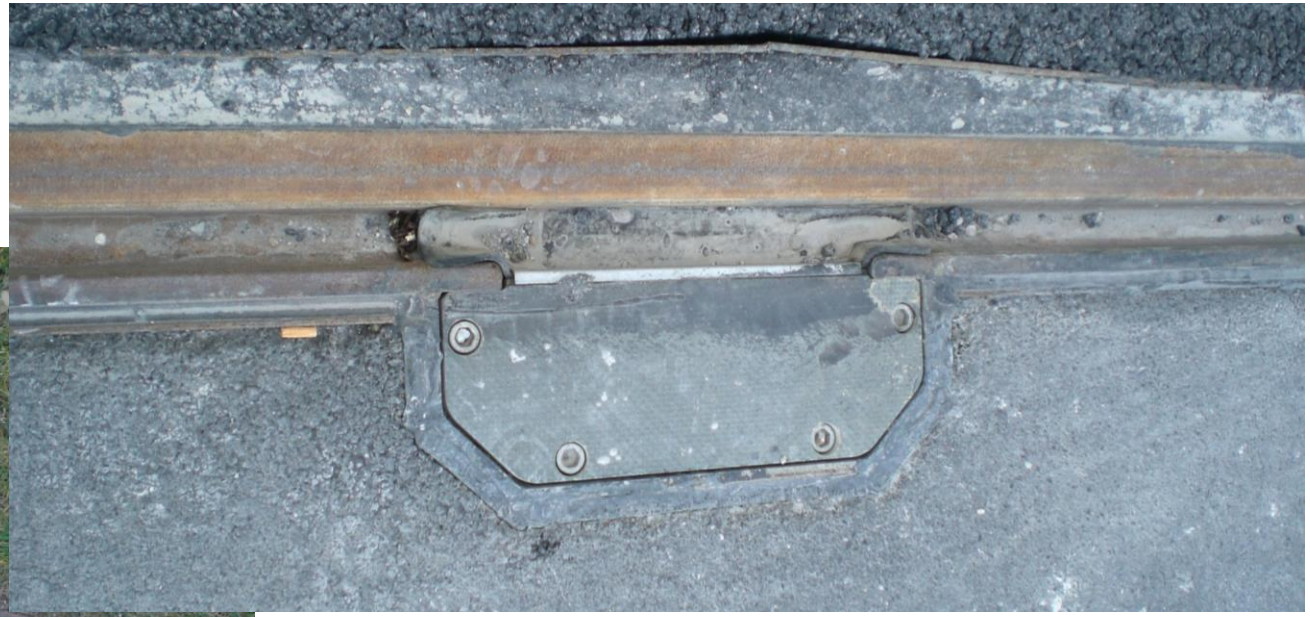




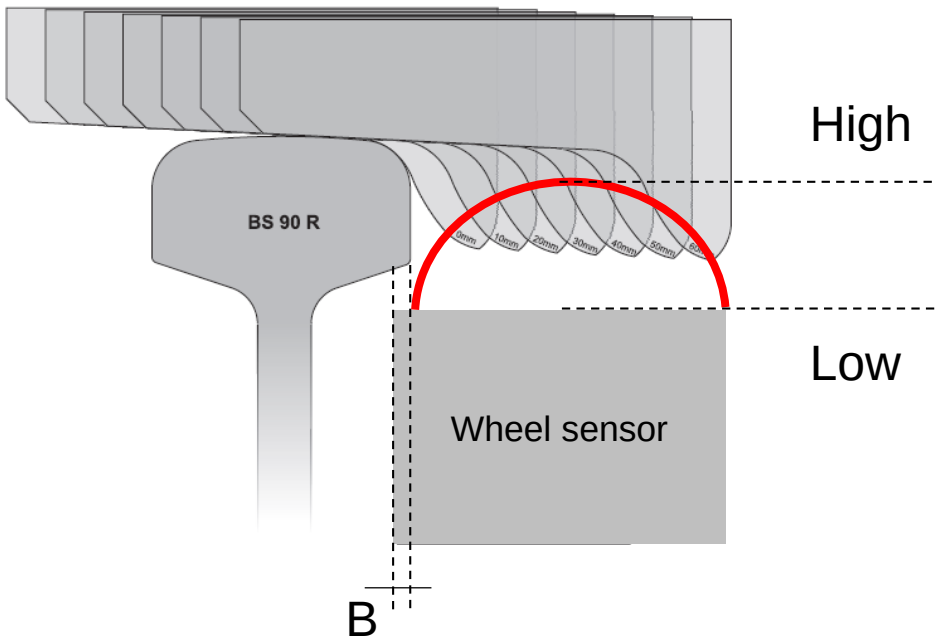
Cast steel parts with corrosion protection:

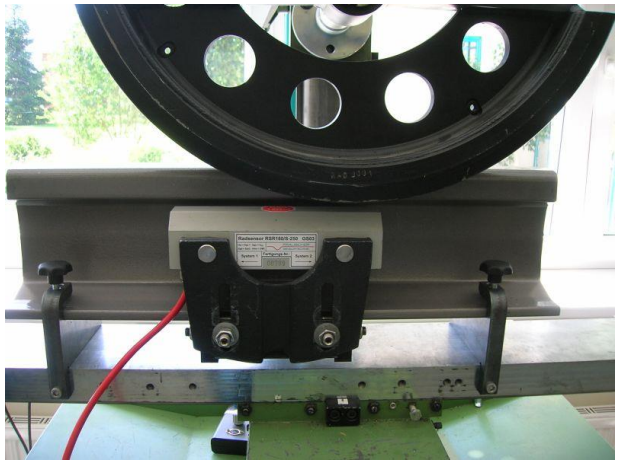
- Chemically pre-treated, zinc-phosphated, with electro-dip coating
- Coating thickness typically 20-35 µm
- Salt spray resistance min. 480 h
- RoHS compliant (free of Pb, CrVI, Cd, Hg)

ตัวอย่าง Axle counter ชนิด Grooved Rail Installation



Example : Lateral wheel tolerance



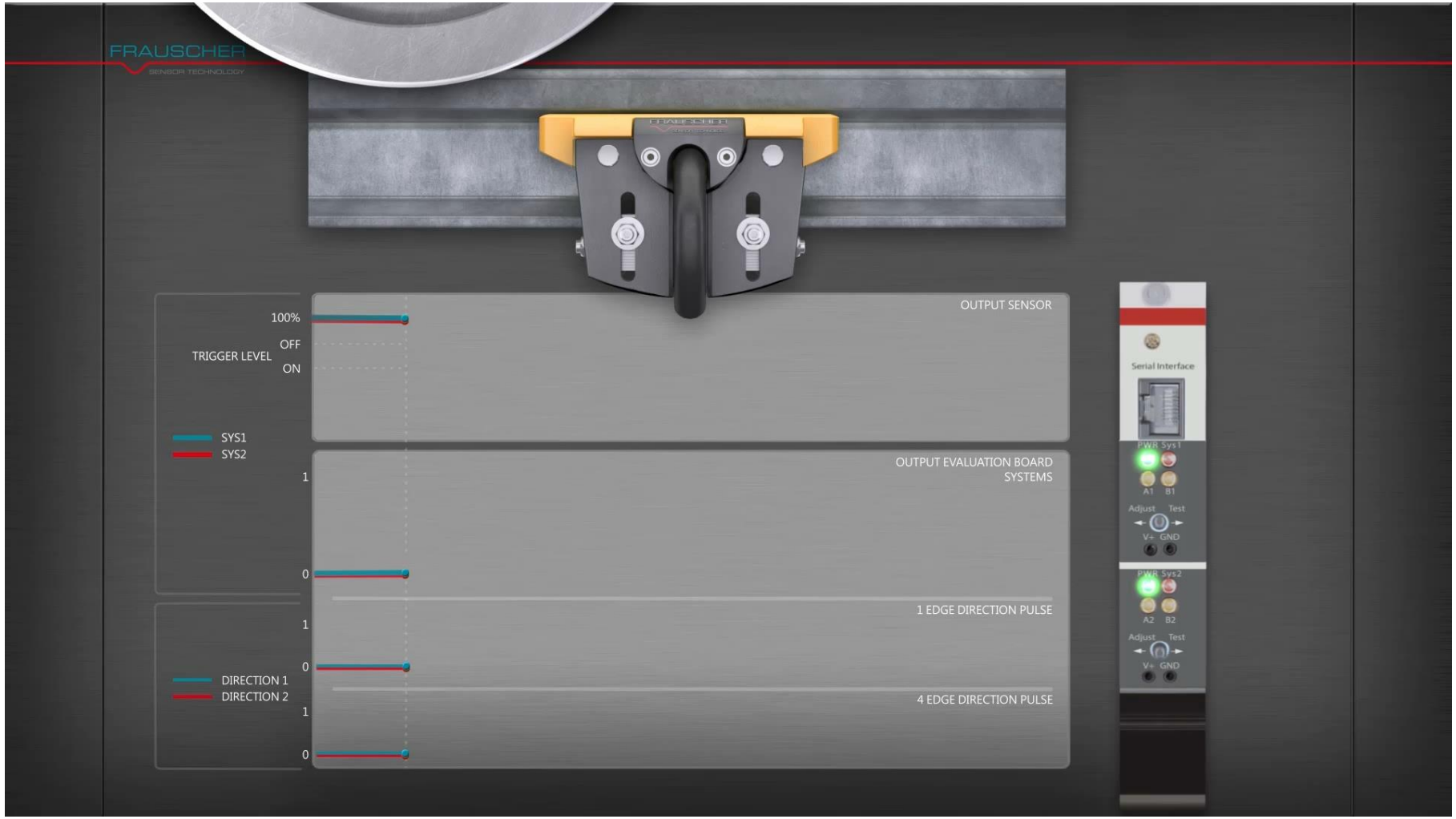


lateral wheel tolerance = 0mm

lateral wheel tolerance = 60mm

Best Sensitivity
Lateral displacement = 20 … 40mm

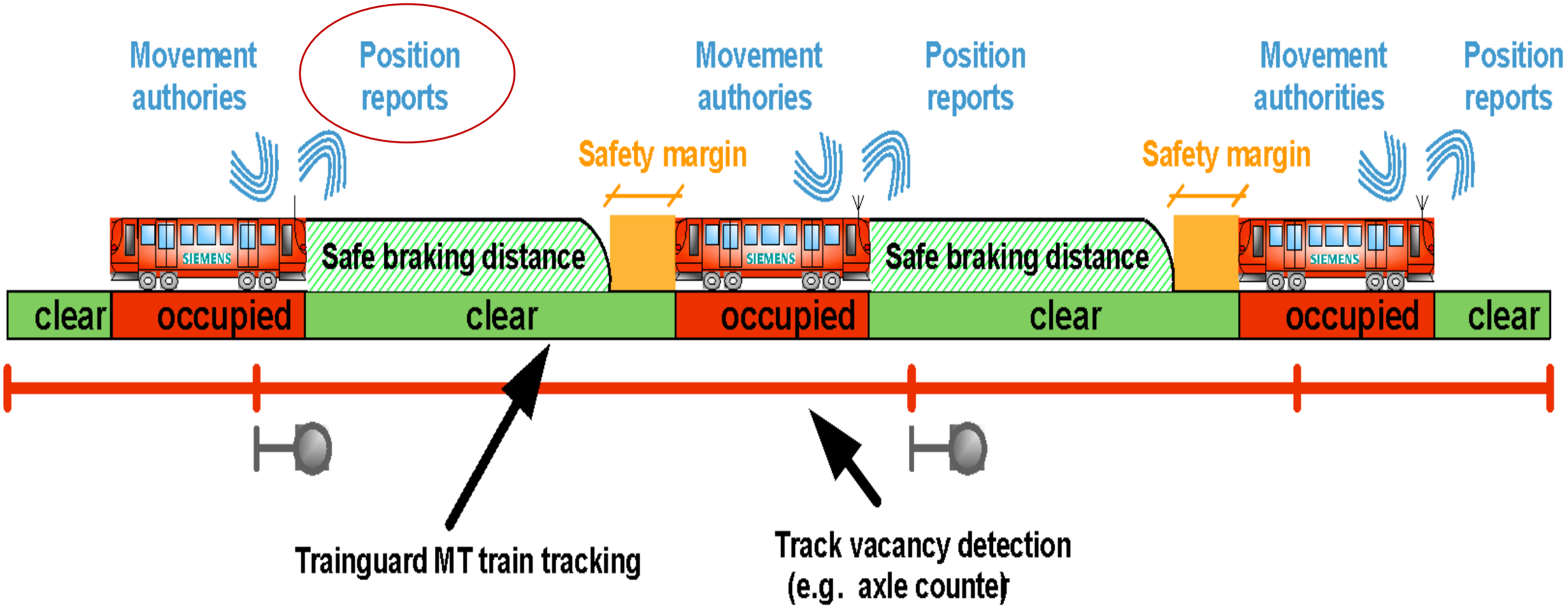
ตัวอย่างการทำงานของ Axle counter



Axle counter VS Track circuit

	วงจรไฟตอน	การตรวจนับเพลา
การตรวจจับสิ่งกีดขวาง	ได้เป็นบางอย่าง	ไม่ได้
การตรวจจับรางแตกหัก	บางส่วน	ไม่ได้
ความต้องการเกี่ยวกับตัวรถ	ต้องมีล้อและเพลาเป็นตัวนำไฟฟ้า	ล้อรถไฟต้องเป็นสาร Ferromagnetic
ความต้องการเกี่ยวกับราง	ต้องเป็นฉนวนเทียบกับโครงสร้างรองรับราง	ไม่มีอะไรเป็นพิเศษ
การดูแลกระแสไฟขับเคลื่อนขากลับ	จำเป็นต้องมีมาตรการที่จำเป็น	ไม่จำเป็น
ปัญหาเกี่ยวกับแรงดันเกิน	ต้องระวัง เนื่องจากมีอุปกรณ์หลายตัวที่ต่อทางไฟฟ้าลงดินไว้กับราง	เล็กน้อยมาก
ความไวต่อสภาวะแวดล้อม	ค่อนข้างสูง	ต่ำ
ความยาวของช่วงรางสำหรับวงจรการทำงาน	จำกัดด้วยไฟฟ้า	ไม่จำกัด
ความถี่ในการเกิดความบกพร่องที่เป็นอันตราย	ต่ำมาก ถ้ามีการป้องกันความสกปรกของราง	ต่ำมาก
ความถี่ในการเกิดความบกพร่องที่ทำให้การทำงานของวงจรหยุดชะงัก	ค่อนข้างสูง	ต่ำ
ความเป็นไปได้ที่เจ้าหน้าที่จะป้องกันอันตรายขณะอยู่บนทางรถไฟ	สามารถหยุดรถไฟด้วยการสั่ดวงจรของรางทั้งสองข้างของทางรถไฟ	ไม่สามารถทำแบบวงจรไฟตอนได้
การใช้งานอื่น ๆ	>การตรวจจับการเคลื่อนที่เข้ามาของรถไฟหรือการเคลื่อนที่ผ่านช่วงของรางทำให้รางว่าง; >การส่งข้อมูลของช่วงหรือตอน; >การป้องกันรถไฟและ Cab signalling	การตรวจจับการเคลื่อนที่เข้ามาของรถไฟหรือการเคลื่อนที่ผ่านช่วงของรางทำให้รางว่าง

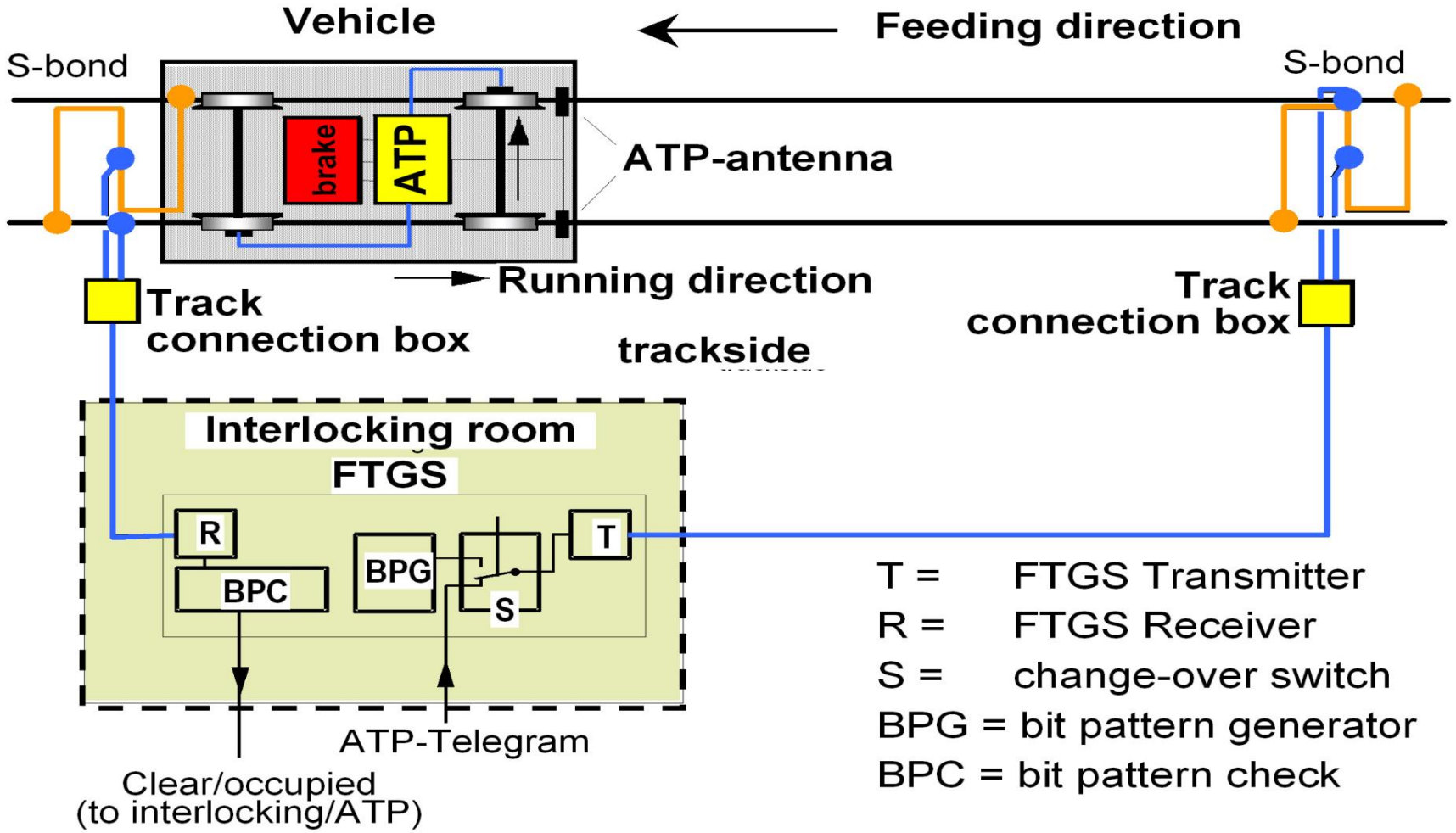
3. ระบบตรวจติดตามตำแหน่งรถไฟด้วย Moving block technology



Advanced Train protection system

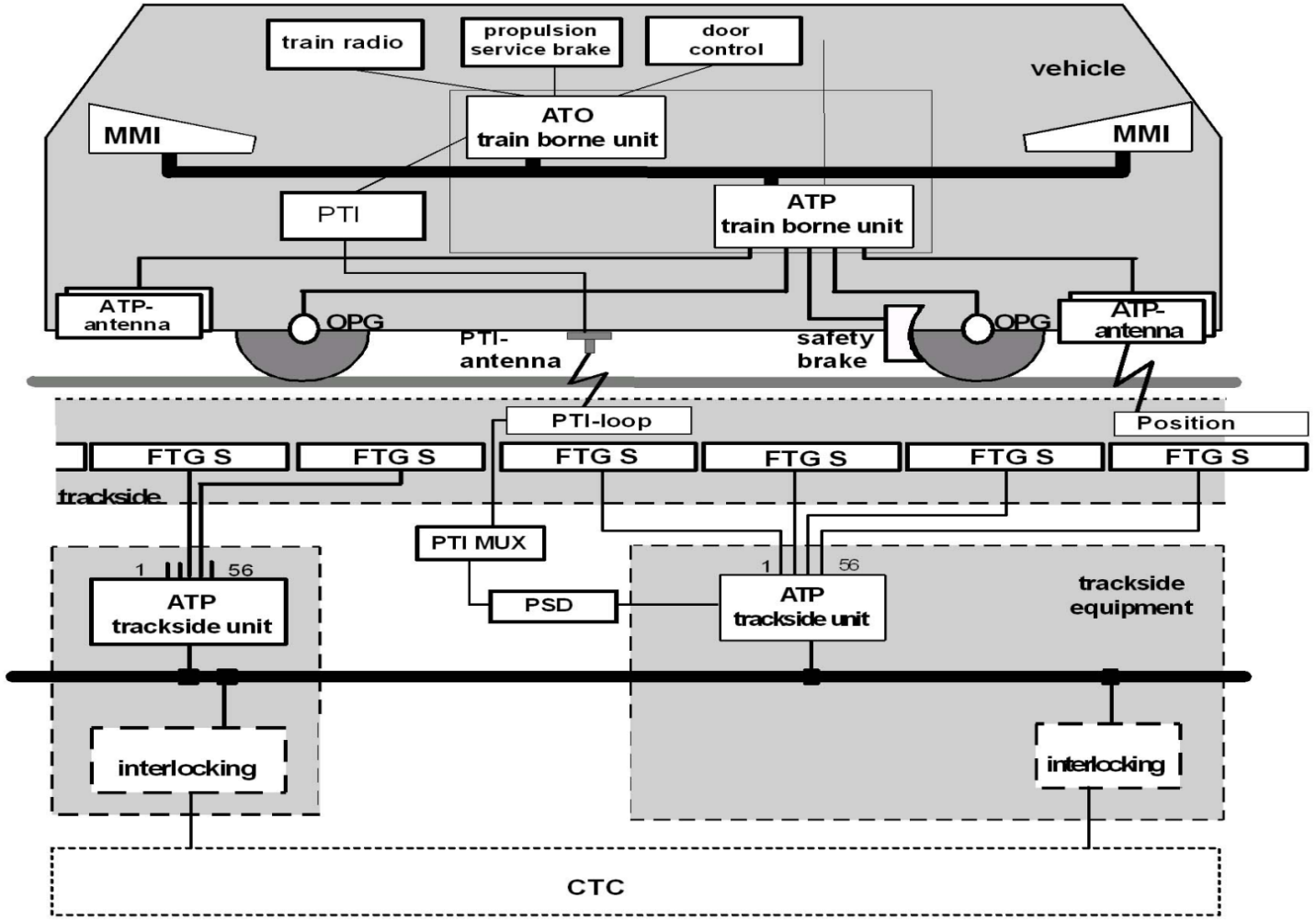
1. Train protection system –Audio Frequency Track circuit system

SIEMENS

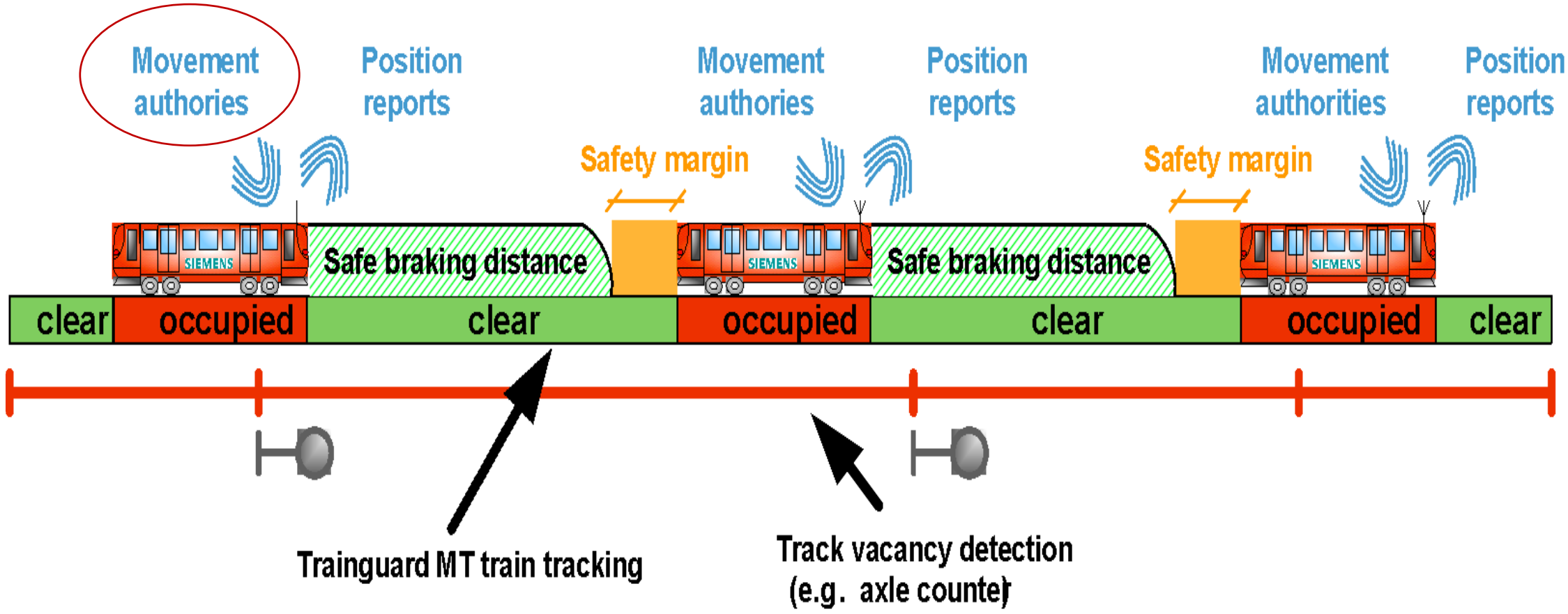


1.1 Train protection system – Fixed block system – Siemens FTG S

SIEMENS

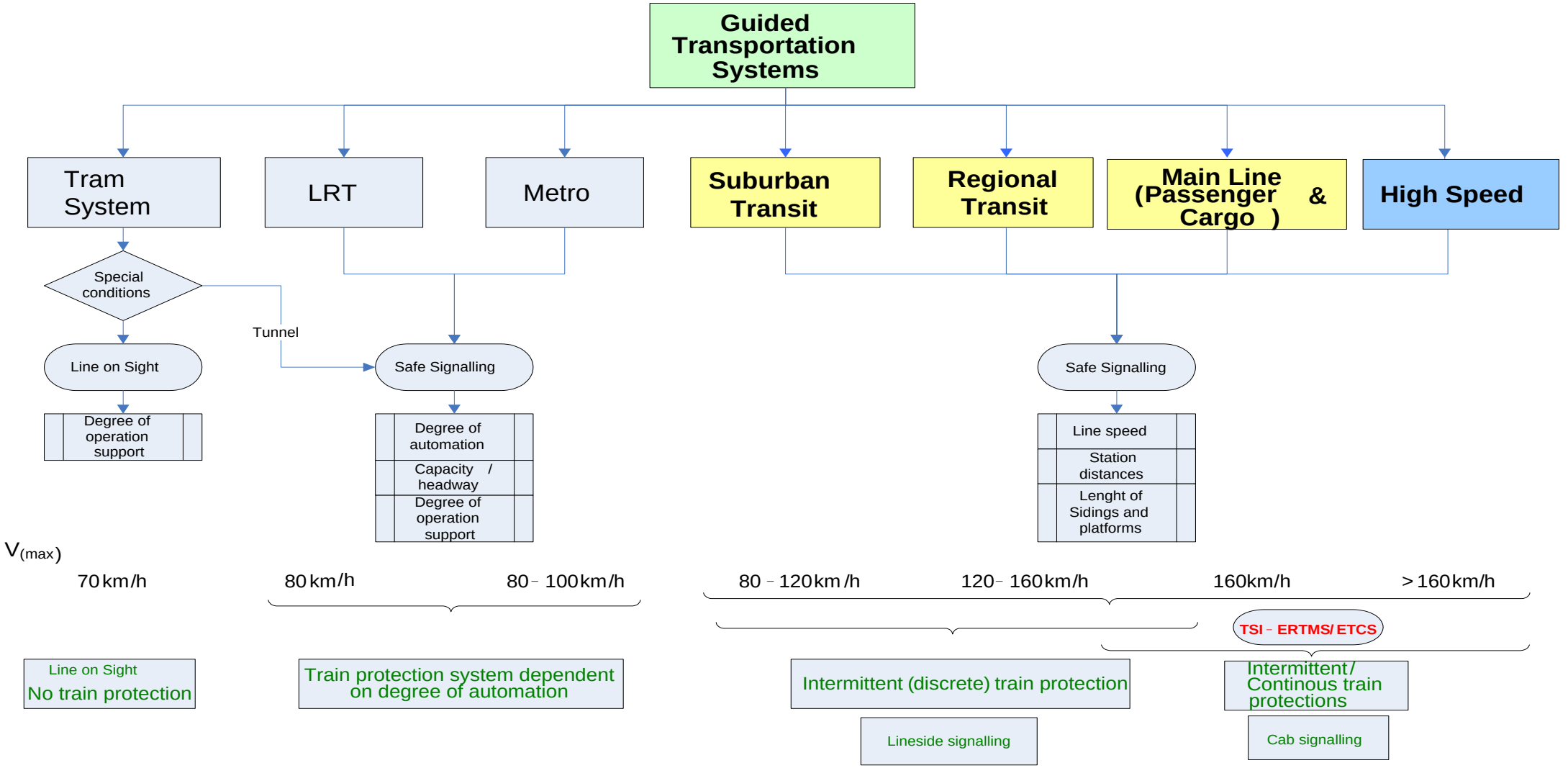


2. Train protection - Moving block system



Signaling standards and applications

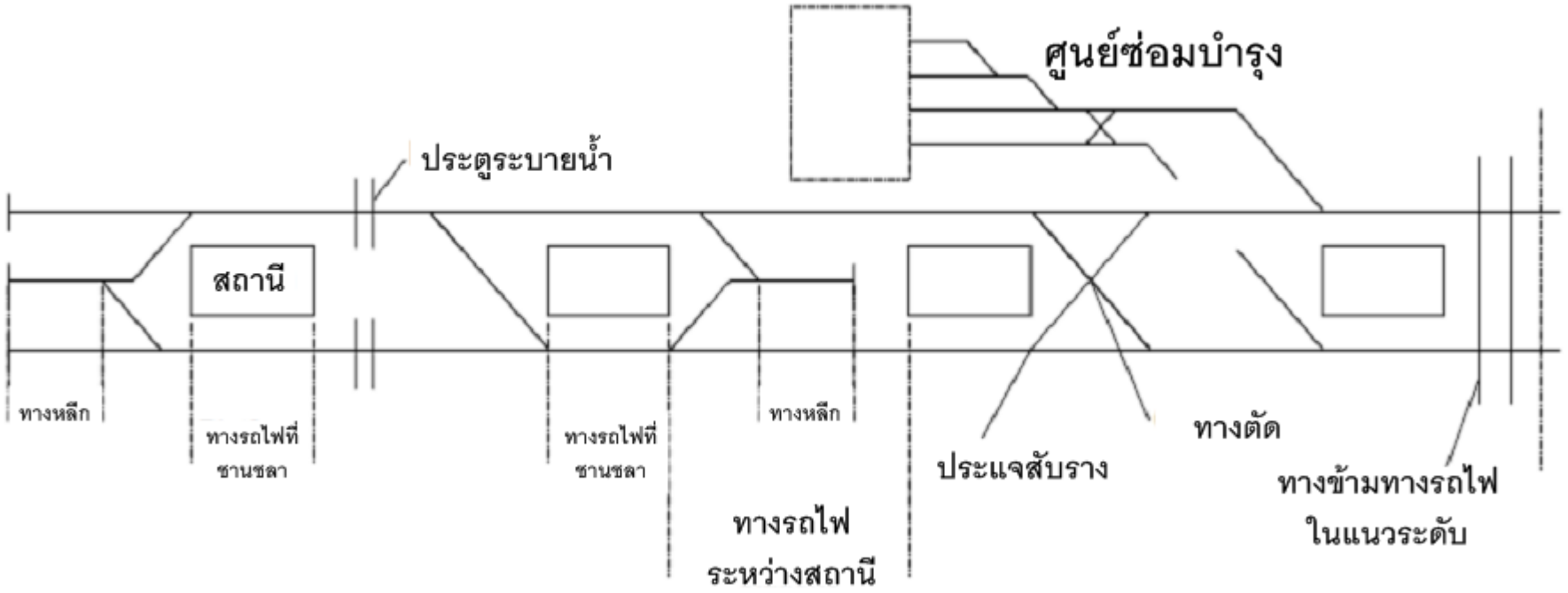
การแบ่งประเภทระบบรถไฟ – ตามกฎการเดินรถและความต้องการพื้นฐานด้านอาณัติสัญญาณ



มาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้องกับระบบอาณัติสัญญาณ

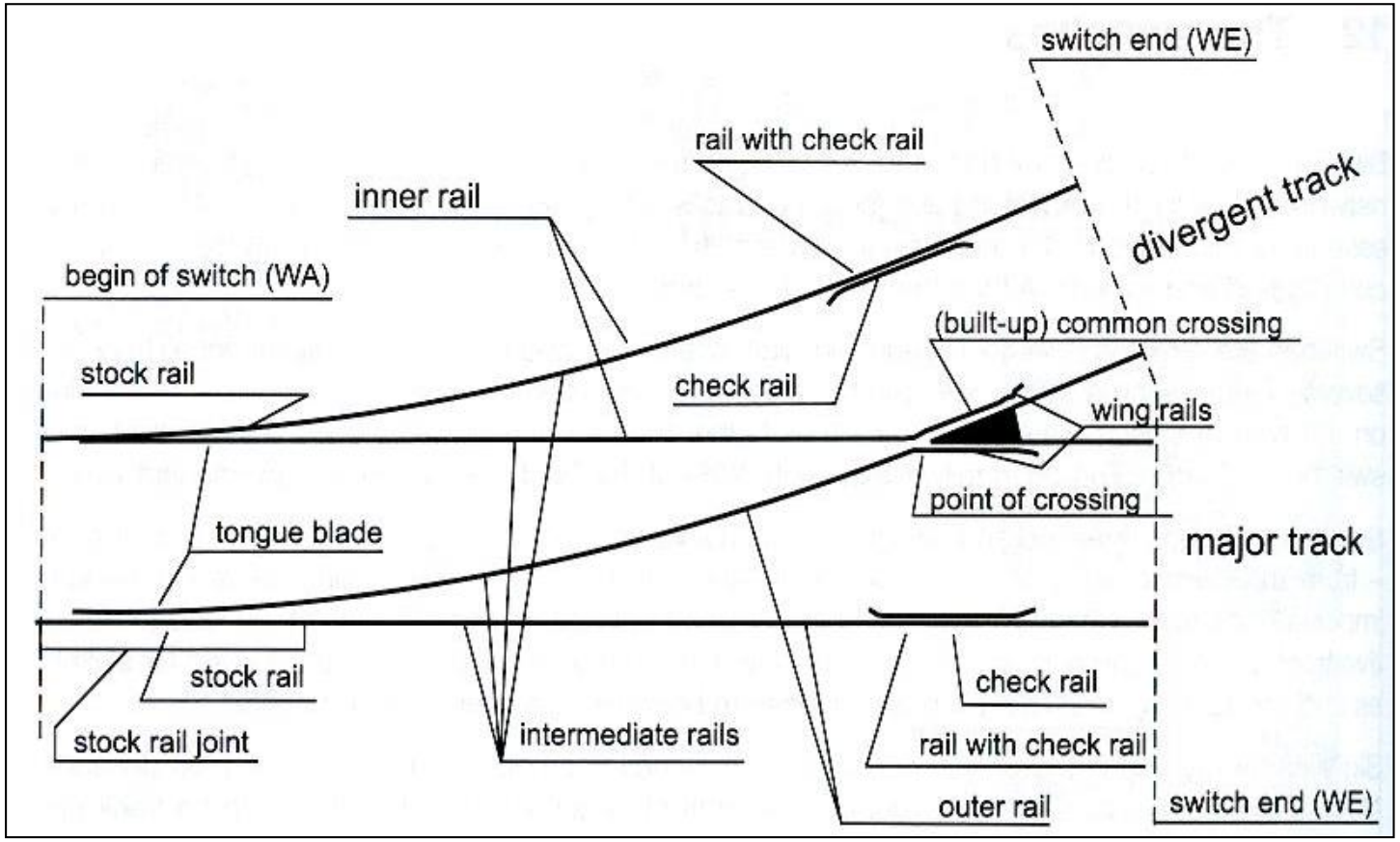
- EN 50128/IEC 62279 Railway applications – Communications, Signalling and processing systems - Software for railway control and protection systems);
- EN 50129/IEC 62425 Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling
- EN 50159/ IEC 62280 Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related communication in closed transmission systems
- IEC 61508 Functional safety od electrical/ electronic/ programmable electronic safety-related systems
- IEC 62267 (VDE 0831-267) 2010 Railway applications – Automated Urban Guided Transport (AUGT) – Safety requirements
- IEC 62290-1(VDE 0831-290-1) 2006 Railway applications – Urban guided transport management and command/control systems – Part 1: System principles and fundamental concepts
- IEC 62290 – 2 2011 Railway applications – Urban guided transport management and command/control systems – Part 2: Functional requirements specification
- IEC 62278/ EN 50126 Railway applications – Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)
- TSI : EU Technical Specification for Interoperability - The ERA (European Rail Agency): the list of Mandatory Specifications
- EN13816_2002 Public transport service quality target

นิยามส่วนประกอบของเส้นทางตาม IEC 62290-1



ส่วนประกอบของจุดสับราง

Points (UK) หรือ switches (US), คือชื่อเรียก turnouts ในบางประเทศที่เรียกต่างกัน ซึ่งทำหน้าที่บังคับให้รถไฟเคลื่อนที่เปลี่ยนทิศทางไปในทิศที่ต้องการได้;



Turnout
=Switch
=Point

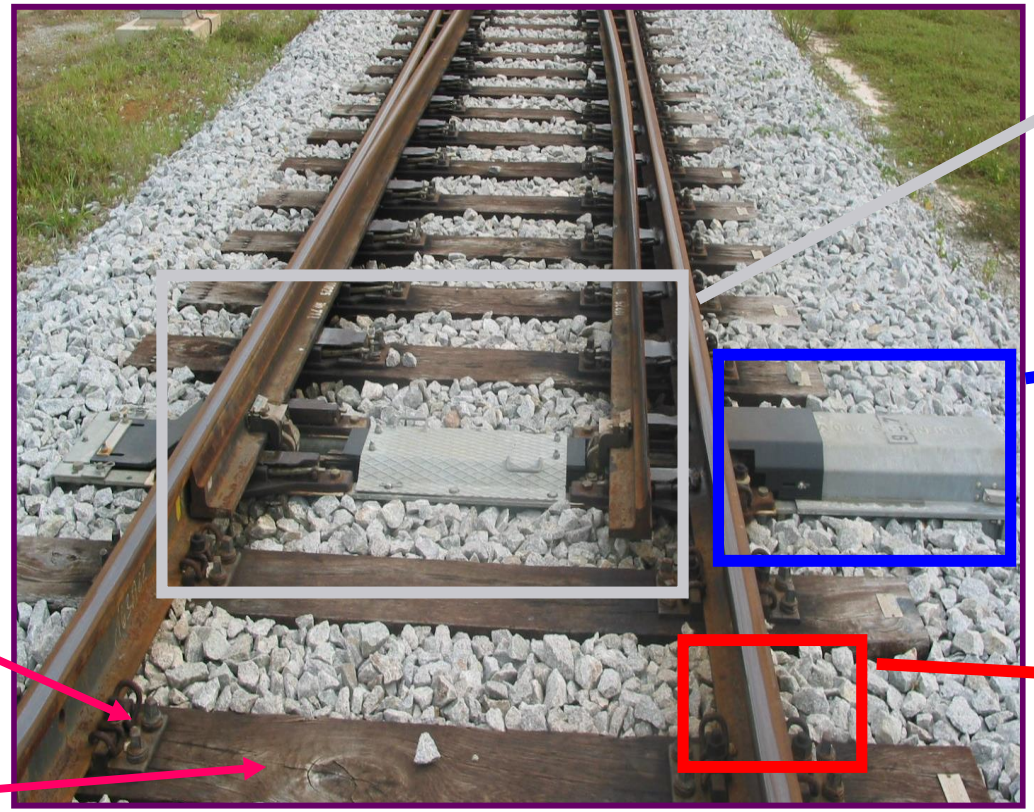
Tongue Blade
=Switch rail
=Tongue rail

Major Track
=Trough track

Intermediate rail
=Closure rail

ตัวอย่างส่วนประกอบหลักของจุดสับราง

Turnout



Tongue / Blade

•Movable part

Point Machine

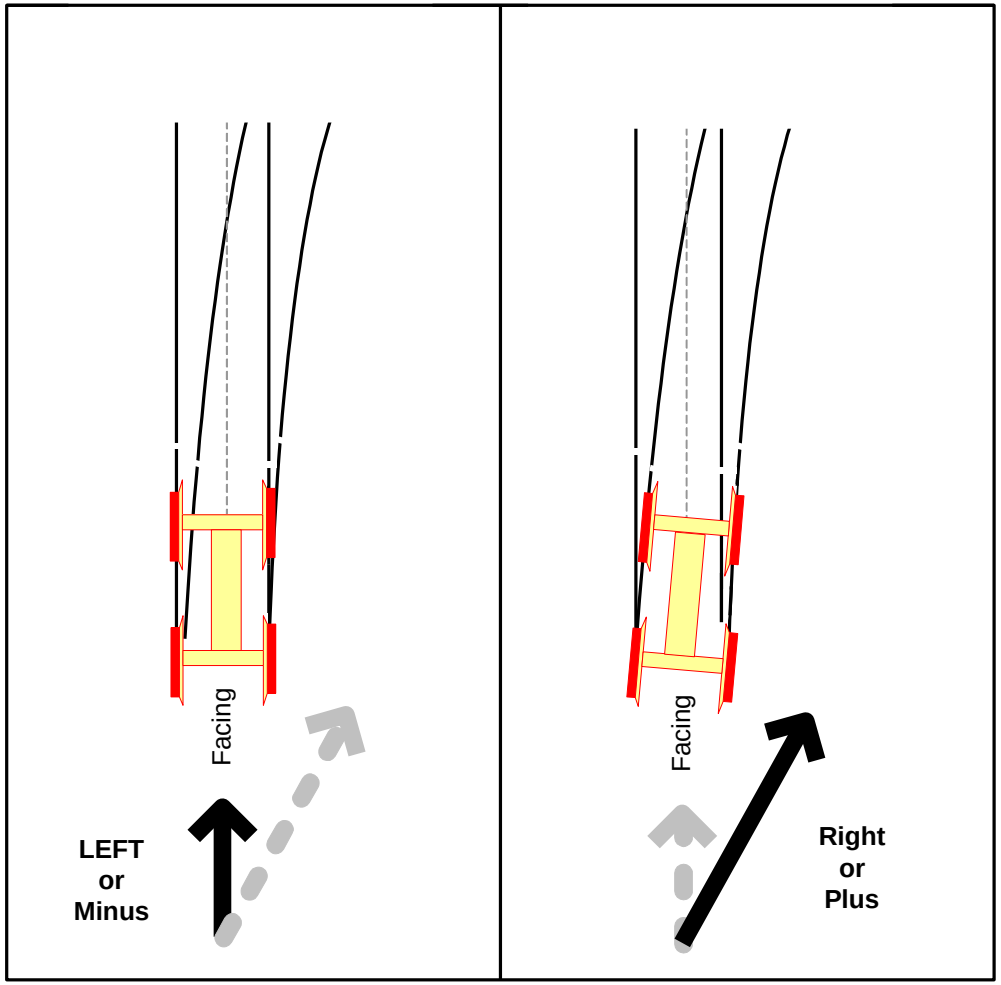
•Tongue mover

Stock Rail

Fastener

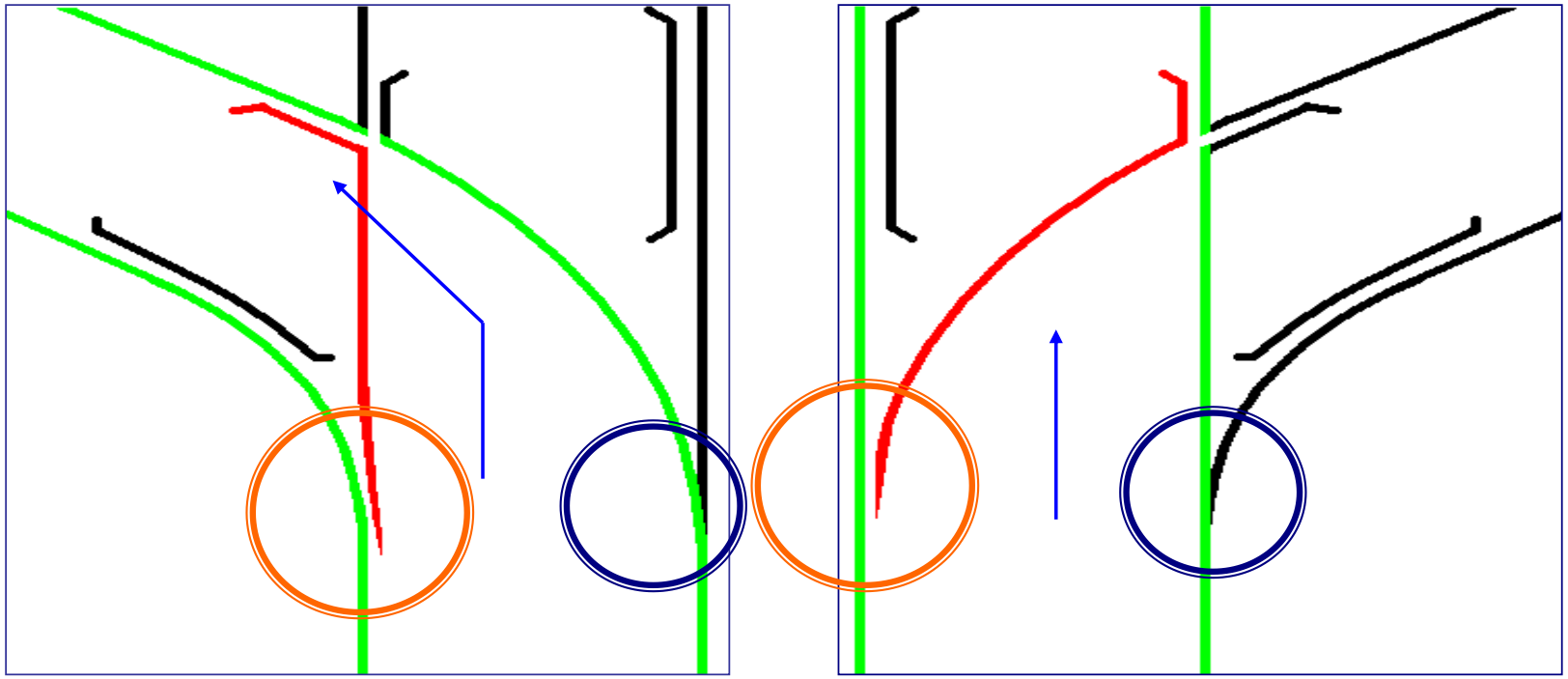
Sleeper

การอ่านประแจ



การอ่านประแจ – ตำแหน่งซ้าย

LEFT POSITION

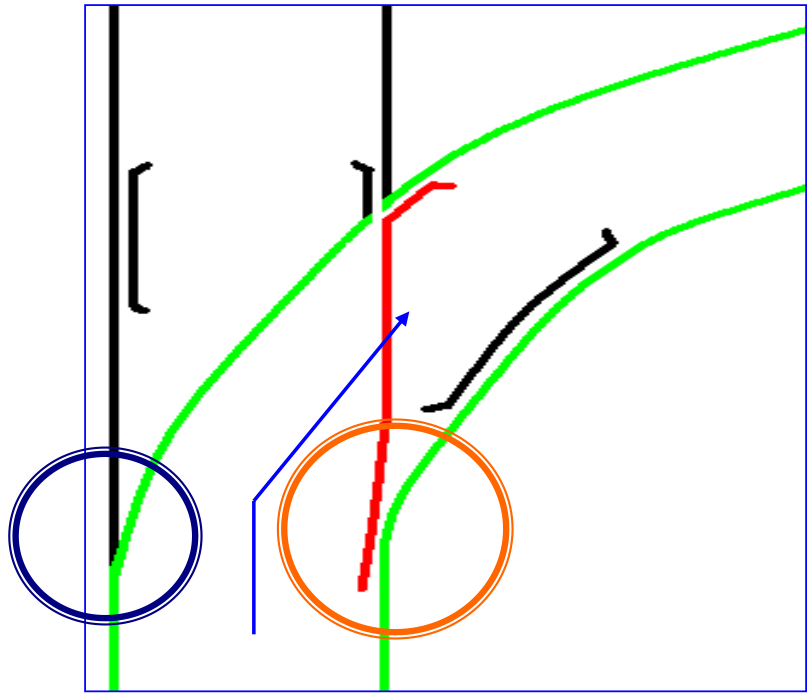


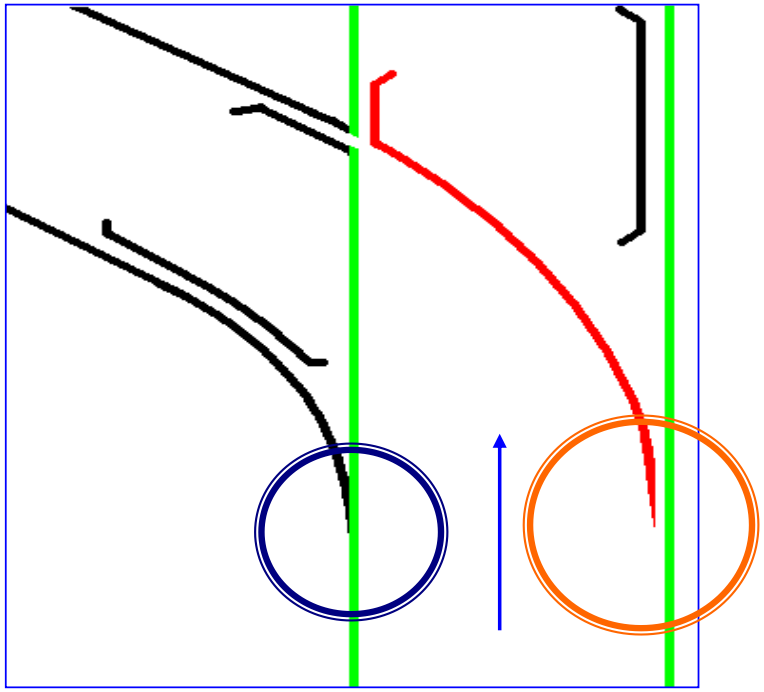
= LEFT BLADE OPEN + RIGHT BLADE CLOSE

12

การอ่านประแจ – ตำแหน่งขวา

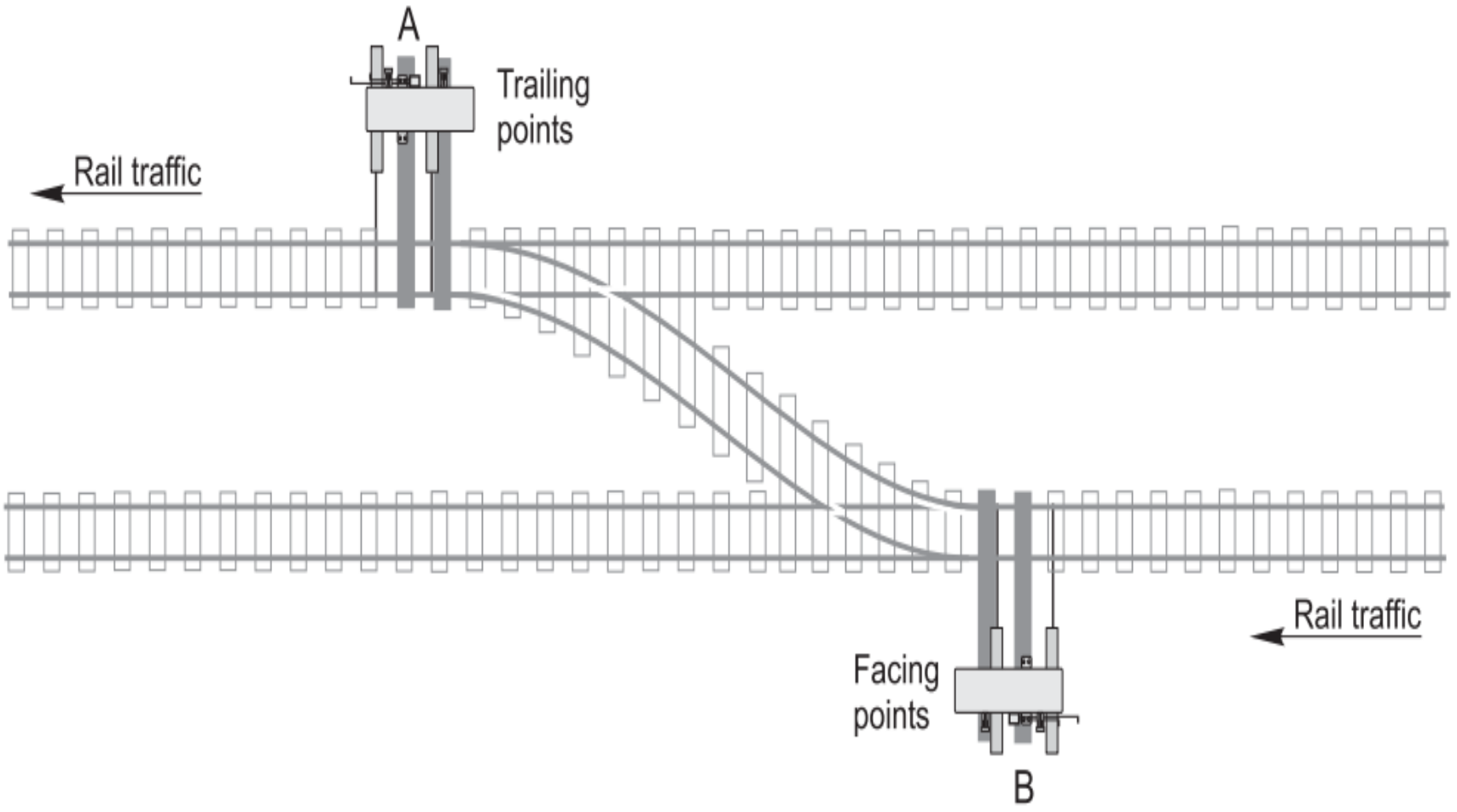
RIGHT POSITION





= RIGHT BLADE OPEN + LEFT BLADE CLOSE

ประแจตาม กับ ประแจสวน (Trailing & Facing points)



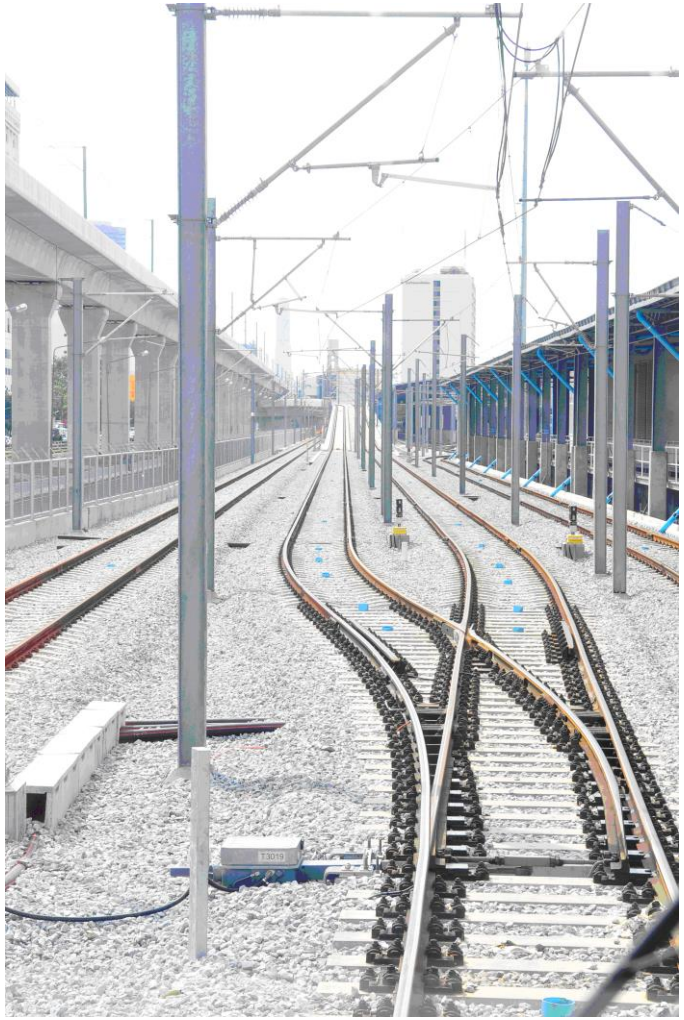
- ตำแหน่งประแจสวน เป็นตำแหน่งทีรถไฟสามารถเคลื่อนที่ไปได้สองทิศทาง จากทิศทางที่สามารถเคลื่อนที่ตรงไปก็ได้ หรือจะแยกออกไปจากเส้นทางปกติได้แล้วแต่ตำแหน่งลิ้นของประแจในขณะที่พิจารณา

- ตำแหน่งประแจตาม เป็นตำแหน่งที่รถไฟสามารถเคลื่อนที่ตรงไปได้แค่ทิศทางเดียวเท่านั้น แม้ว่าลิ้นประแจจะไม่อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องก็ตาม

ความหมายของ Turnout Vs Crossover

Crossover or Crossing

Turnouts



ทั้งสองอย่างมีไว้เพื่อให้รถไฟสามารถเปลี่ยนทิศทางไปสู่อีกเส้นทางหนึ่งได้ สิ่งที่ต่างกันเห็นได้ดังรูป คือ

Turnout ใช้เป็นทางแยกจากทางรถไฟหนึ่งไปสู่อีกเส้นหนึ่ง หรือระหว่างสายหลักกับสายรอง

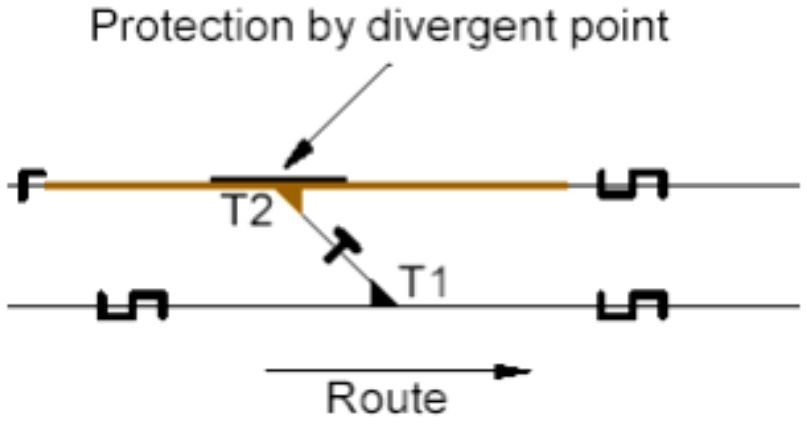
Crossover เป็นทางข้ามระหว่างรางสองราง ส่วนมากเป็นทางเชื่อมระหว่างทางคู่ เพื่อให้รถสามารถใช้เปลี่ยนทิศทางเดินรถได้ **Crossover** จะประกอบไปด้วย **Turnout** สองชุด

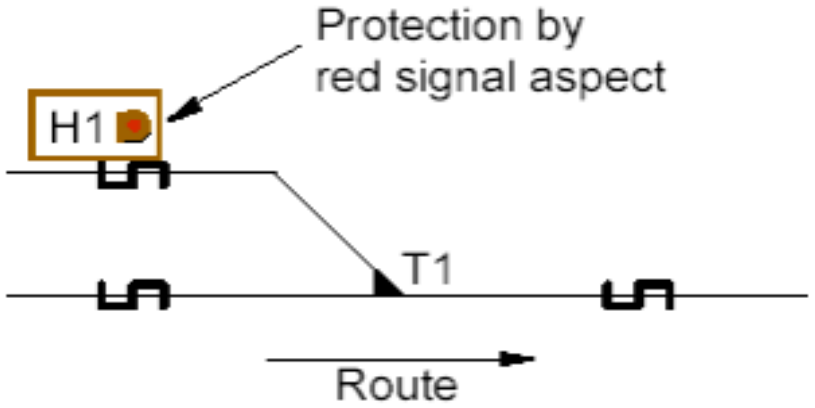
หน้าที่ของประแจกล

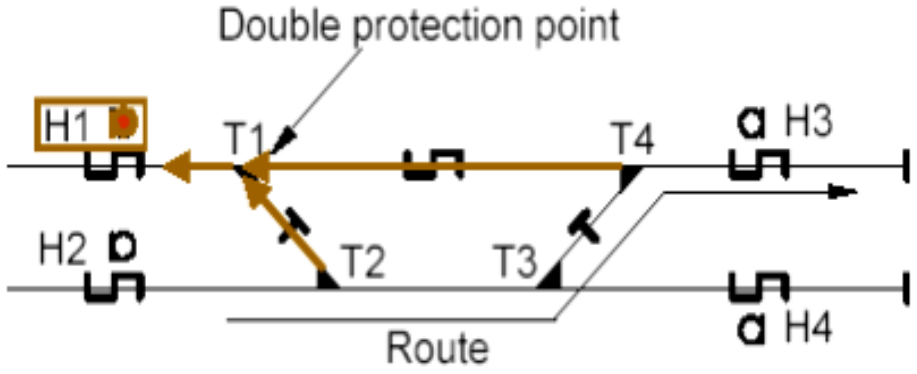
หน้าที่หลักที่เกี่ยวข้องมีอยู่ 3 ประการ คือ

- การสับประแจกล (Drive) ด้วยการให้แรงไปขับลิ้นราง (Tongue blade) ให้เคลื่อนที่ไป
- การล็อคประแจกล (Lock) ด้วยการยึดไว้ในตำแหน่งหลังจากแรงขับประแจถูกตัดการทำงานแล้ว
- การตรวจติดตามการทำงานของประแจกล (Detection) ด้วยการรายงานตำแหน่งปัจจุบันของ Tongue blade ไปยังผู้ควบคุมหรือไปยังระบบอาณัติสัญญาณควบคุมที่เกี่ยวข้อง

Signaling System Main Tasks – Flank protection







ตัวอย่างสัญญาณไฟสี (Colour Light Signals)

มาตรฐาน UIC 732 ได้กำหนดการใช้สี รวมถึงระดับคล้ำสี (shades) ไว้อย่างชัดเจน ดังนี้

- **สีแดง หมายถึง ท่าห้าม (Stop)**
- **สีเขียว หมายถึง ท่าอนุญาต (Clear)**
- **สีเหลือง หมายถึง ท่าระวัง (Caution)**

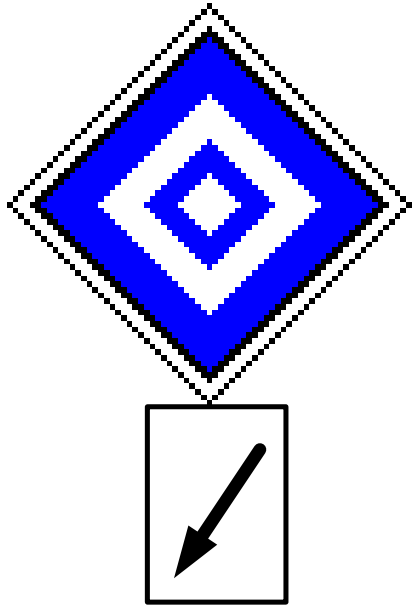
ตัวอย่าง Cab signal

ในการเดินรถไฟความเร็วสูง การที่เจ้าหน้าที่ขับรถจะสังเกตท่าสัญญาณริมทางวิ่งให้ได้ข้อมูลอย่างปลอดภัยนั้นไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากมีเวลาน้อยมากในการที่จะสังเกตหรือมองเห็นท่าสัญญาณได้ ดังนั้น ระบบรถไฟจึงได้กำหนดความเร็วสูงสุดเอาไว้ ซึ่งถ้ารถไฟมีความเร็วสูงกว่านี้ จะต้องเปลี่ยนมาใช้การแสดงท่าสัญญาณในห้องควบคุมรถ (Cab signaling) แทนสัญญาณริมทางวิ่ง ตามมาตรฐาน UIC 734 เส้นทางเดินรถไฟสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับตามความเร็วและรูปแบบของท่าสัญญาณ

1. Conventional lines เป็นเส้นทางที่ความเร็วสูงสุดไม่เกิน 160 กม/ชม สามารถใช้การสังเกตสัญญาณริมทางวิ่งในการเดินรถได้
2. เส้นทางที่ความเร็วในการเดินรถสูงขึ้นไปถึง ประมาณ 200 (หรือ 220) กม/ชม สัญญาณริมทางวิ่งยังสามารถใช้ได้ในบางประเทศ แต่มีความจำเป็นต้องปรับแต่งให้เหมาะสม
3. ความเร็วสูงกว่า 200 (หรือ 220) กม/ชม ต้องใช้การแสดงท่าสัญญาณในห้องควบคุมรถ (Cab signaling) เท่านั้น

อย่างไรก็ดี ขีดจำกัดของการใช้สัญญาณริมทางวิ่งปกติจะกำหนดไว้ที่ประมาณ160 กม/ชม ยกเว้นในบางประเทศในแถบยุโรปตะวันตกที่ให้ใช้ได้ถึงความเร็ว 220 กม/ชม

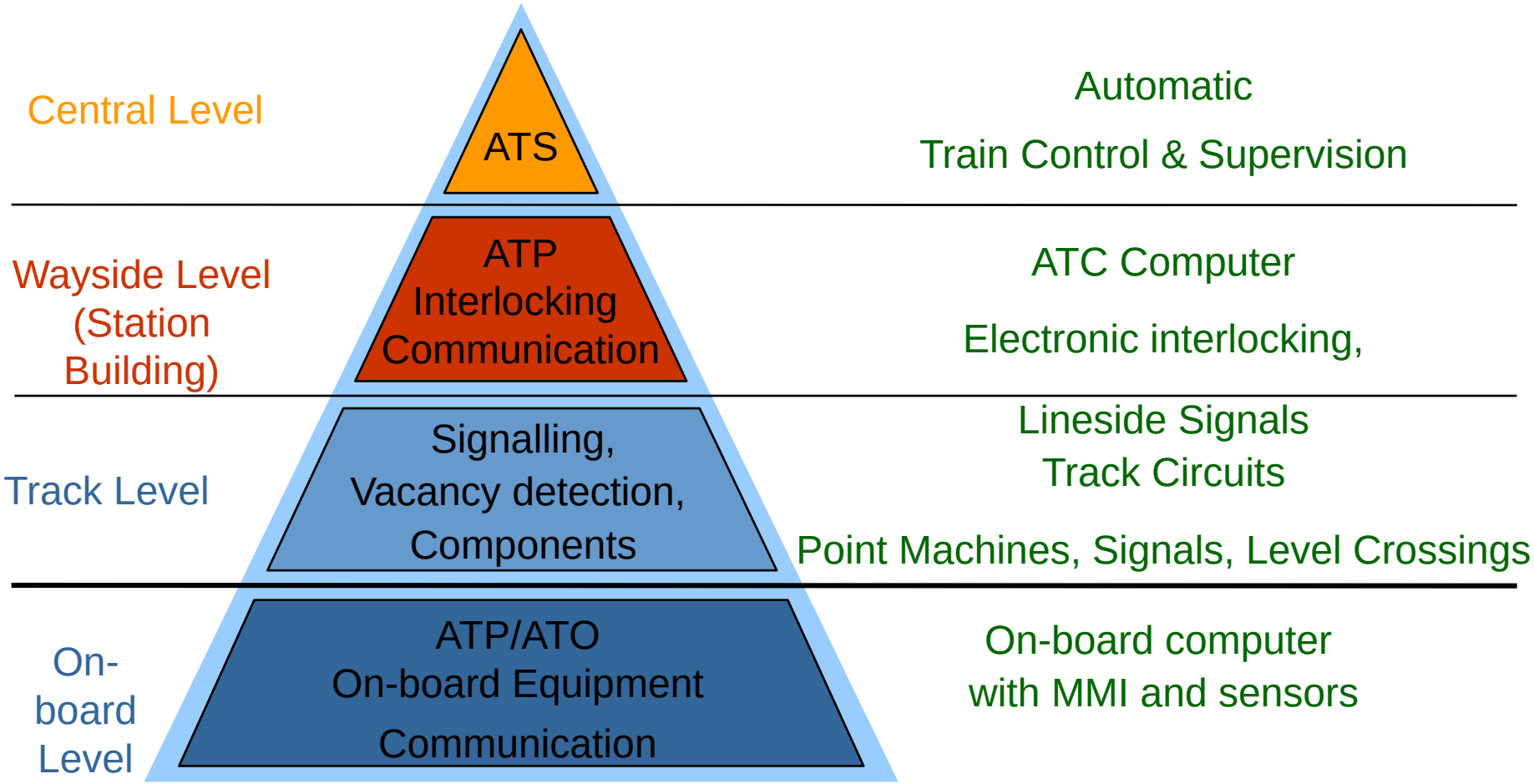
ตัวอย่างสัญญาณจากป้าย



ป้ายสิ้นสุดเขตไฟฟ้าขับเคลื่อน เพื่อแสดงให้เจ้าหน้าที่ขับรถไฟฟ้าทราบถึงขอบเขตสิ้นสุดของไฟฟ้าขับเคลื่อน (ระบบแคทินารีสัมผัสเหนือหัว) หยุดขบวนรถไฟฟ้าที่หน้าป้ายนี้

Metro/ Mass rapid transit Signaling application

โครงสร้างระบบอาณัติสัญญาณสำหรับรถไฟเมโทร (ระบบสมัยใหม่)



หน้าที่หลักของระบบอาณัติสัญญาณ - ระบบป้องกันความผิดพลาดในการเดินรถ

หน้าที่การทำงานหลักของ ATP

- การตรวจติดตามความเร็วของรถไฟ
- การควบคุมระยะห่างระหว่างขบวนรถ
- การสั่งการทำงานของระบบเบรกฉุกเฉิน
- การตรวจติดตามทิศทางการเดินรถ และการเคลื่อนถอยหลังของรถไฟ
- การตรวจติดตามการจอดของรถไฟ
- การปลดล็อกประตู
- การจำกัดเพดานความเร็วรถไฟในแต่ละส่วนของเส้นทาง

➔ Ensuring safe operation of train

หน้าที่หลักของระบบอาณัติสัญญาณ - ระบบขับเคลื่อนรถไฟอัตโนมัติ

หน้าที่การทำงานหลักของ ATO

การขับรถโดยอัตโนมัติ
การควบคุมความเร็วของรถไฟ
การจอดรถไฟ ณ จุดจอดที่กำหนดในตารางเดินรถ
การปิด และเปิดประตูรถไฟ
การปิด และเปิดประตู PSD
การปรับโครงร่างความเร็วเพื่อการประหยัดพลังงานในการเดินรถที่สอดคล้องกับตารางเวลาเดินรถ (Coasting & Cruising)

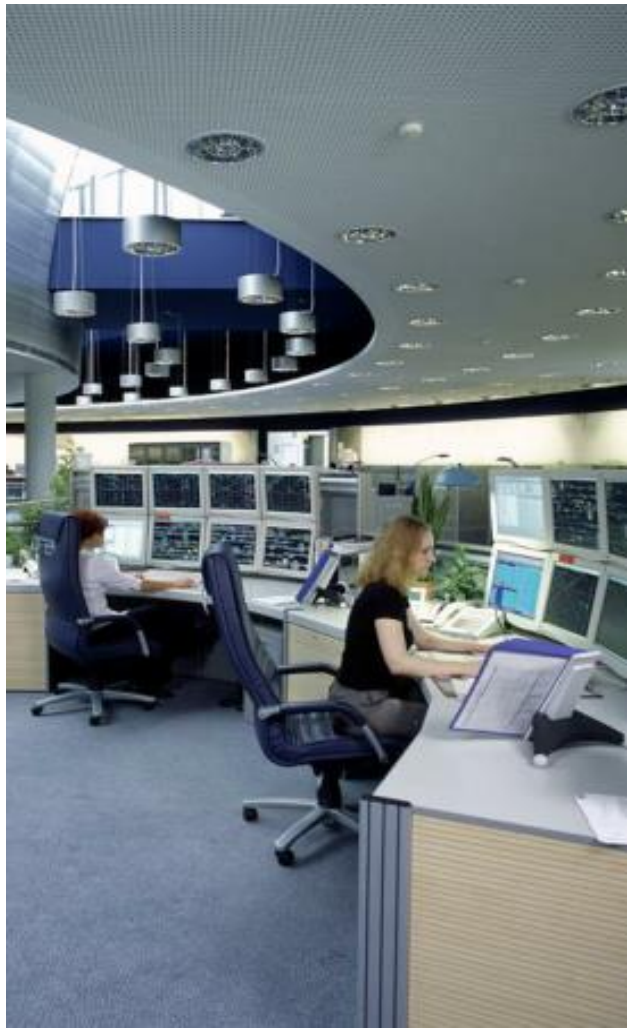
➔ Providing automatic operation of train

หน้าที่หลักของระบบอาณัติสัญญาณ – ศูนย์ควบคุมสั่งการเดินรถ

หน้าที่การทำงานหลักของ ATS

- การสนับสนุนการเดินรถอย่างมีประสิทธิภาพ
- การวางแผนและจัดการหมายกำหนดการในการเดินรถ
- การจอดรถไฟ ณ จุดจอดที่กำหนดในตารางเดินรถ
- การตรวจติดตามรถไฟ
- การตรวจติดตามตำแหน่ง และการเคลื่อนที่ของรถไฟ
- การตรวจติดตามสถานะและการควบคุมระบบการเดินรถ

➔ Providing operations supervision

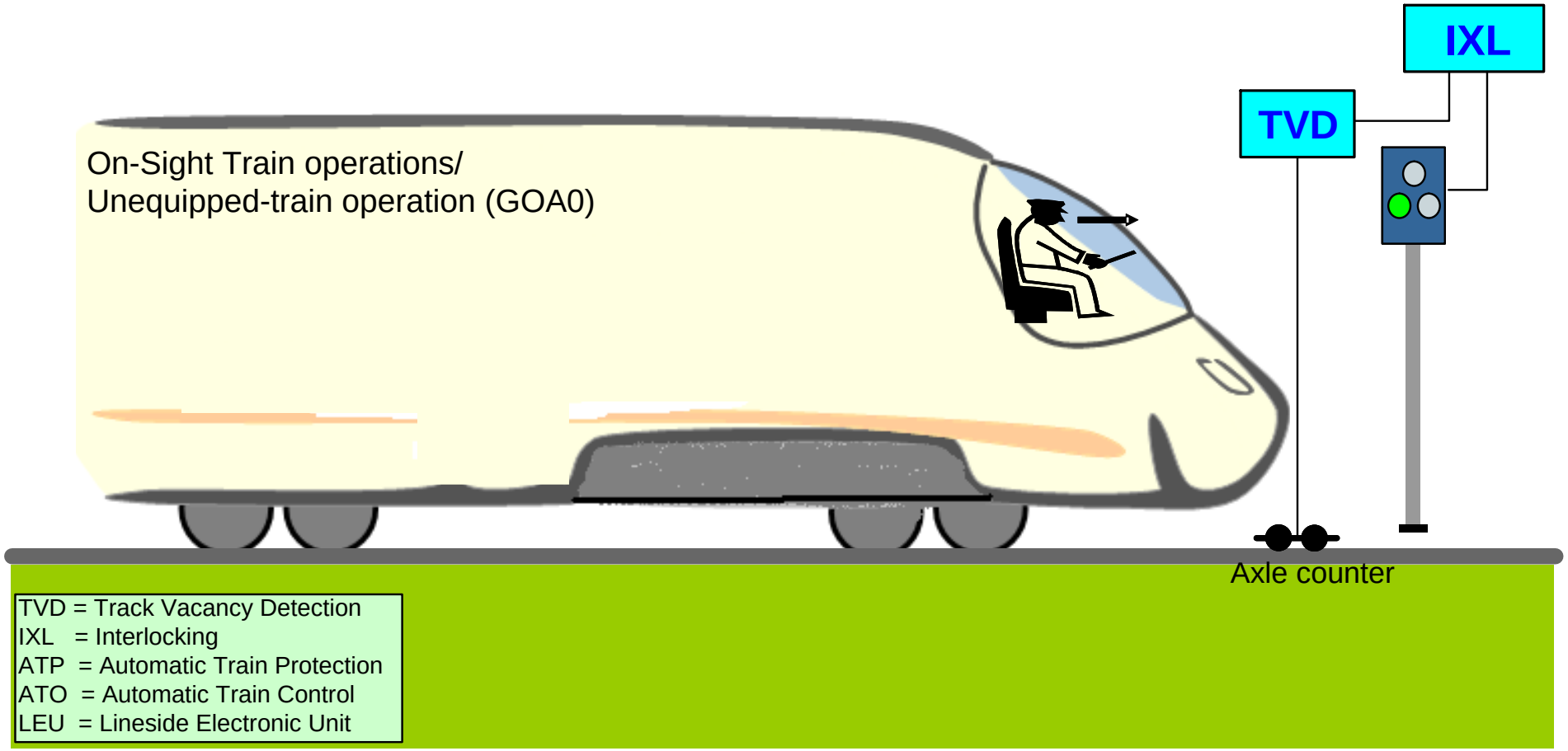


รายละเอียดระดับภาวะอัตโนมัติของการเดินรถ(Grades of Automation) ตาม EN 62267

หน้าที่การทำงานเบื้องต้นในการเดินรถ		ขับรถด้วยสายตา	การเดินรถแบบไม่อัตโนมัติ	การเดินรถแบบกึ่งอัตโนมัติ	การเดินรถแบบไม่ใช้คนขับรถ (แต่มีเจ้าหน้าที่อยู่บนรถและสามารถขับได้ถ้าจำเป็น)	การเดินรถแบบไม่มีเจ้าหน้าที่ประจำรถ
		GOA0	GOA1	GOA2	GOA3	GOA4
การรับประกันความปลอดภัยในการเคลื่อนรถ	การรับประกันความปลอดภัยของเส้นทาง	x (การควบคุมและการสั่งการประแจกลกระทำโดยระบบ)	ระบบ	ระบบ	ระบบ	ระบบ
	การรับประกันระยะห่างระหว่างรถไฟ	x	ระบบ	ระบบ	ระบบ	ระบบ
	การรับประกันความเร็วที่ปลอดภัยของรถไฟ	x	x (บางส่วนควบคุมโดยระบบ)	ระบบ	ระบบ	ระบบ
การขับรถไฟ	การควบคุมการเร่งความเร็วและการเบรก	x	x	ระบบ	ระบบ	ระบบ
การตรวจติดตามเส้นทาง	การป้องกันการชนกับสิ่งกีดขวาง	x	x	x	ระบบ	ระบบ
	การป้องกันการชนคนบนรางรถไฟ	x	x	x	ระบบ	ระบบ
การตรวจติดตามการขึ้นลงของผู้โดยสาร	การควบคุมประตูที่ผู้โดยสารใช้ขึ้นลงรถไฟ	x	x	x	x	ระบบ
	การป้องกันอันตรายกับผู้โดยสารระหว่างตู้รถหรือระหว่างชานชาลากับรถไฟ	x	x	x	x	ระบบ
	การรับประกันภาวะการเริ่มเคลื่อนรถไฟ	x	x	x	x	ระบบ
การเดินรถไฟ	การเข้าสู่ระบบการให้บริการและการออกจากระบบการให้บริการ	x	x	x	x	ระบบ
	การตรวจติดตามสถานะของรถไฟ	x	x	x	x	ระบบ
การรับประกันการตรวจจับและการจัดการกับเหตุฉุกเฉิน	การวินิจฉัยาการทำงานของรถ, การตรวจจับเพลิงไหม้/ ควัน และการตรวจจับรถไฟตกราง, การตรวจจับการสูญเสียตู้รถไฟ, การรับมือกับเหตุฉุกเฉิน (การเรียกขอความช่วยเหลือ, การอพยพ, การเฝ้าระวัง)	x	x	x	x	ระบบ และ /หรือโดยเจ้าหน้าที่ในศูนย์ควบคุม
หมายเหตุ x = คนขับมีหน้าที่ความรับผิดชอบการเดินรถ			ระบบ = ระบบรับผิบชอบการเดินรถ			

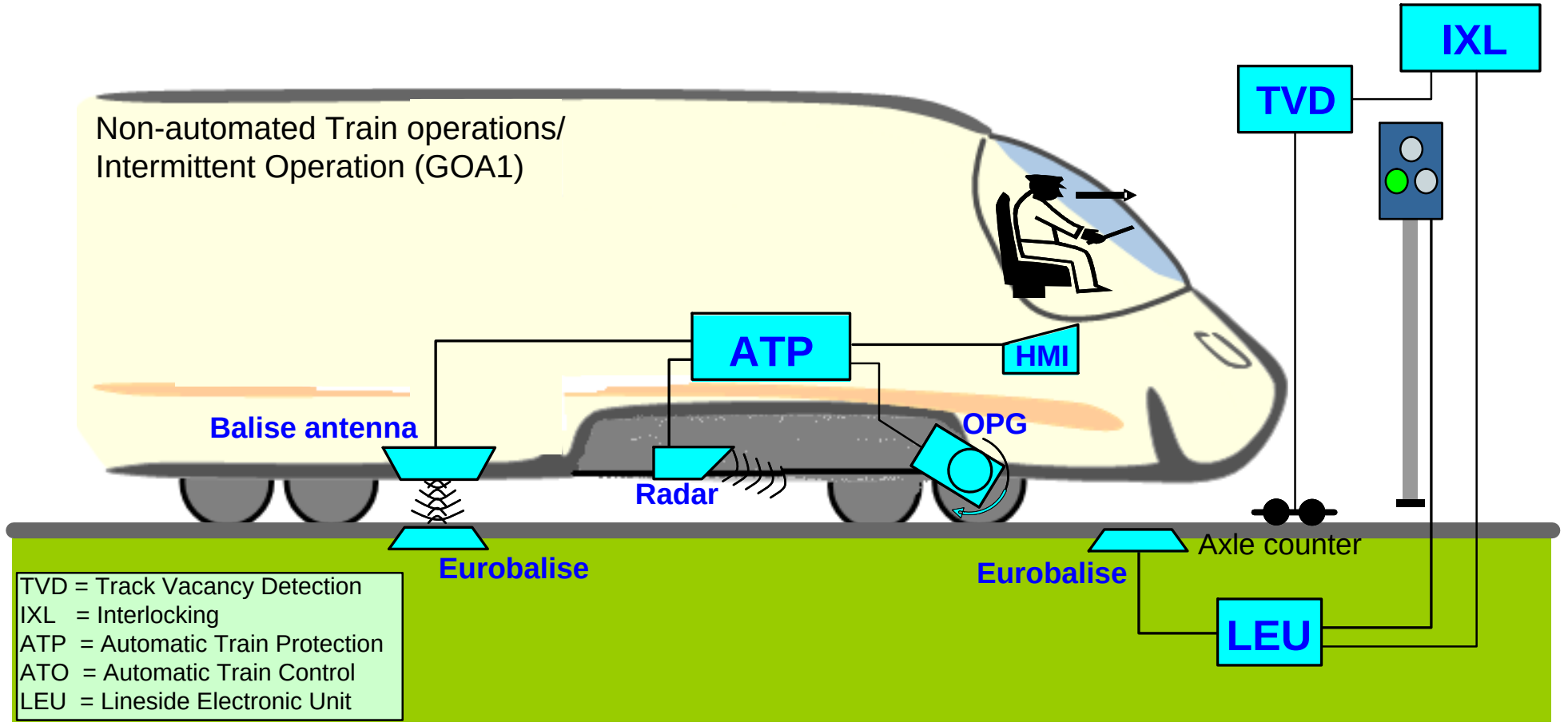
ตัวอย่าง UGTMS เกี่ยวกับ Grades of Automation

0. TOS - Operation of unequipped train



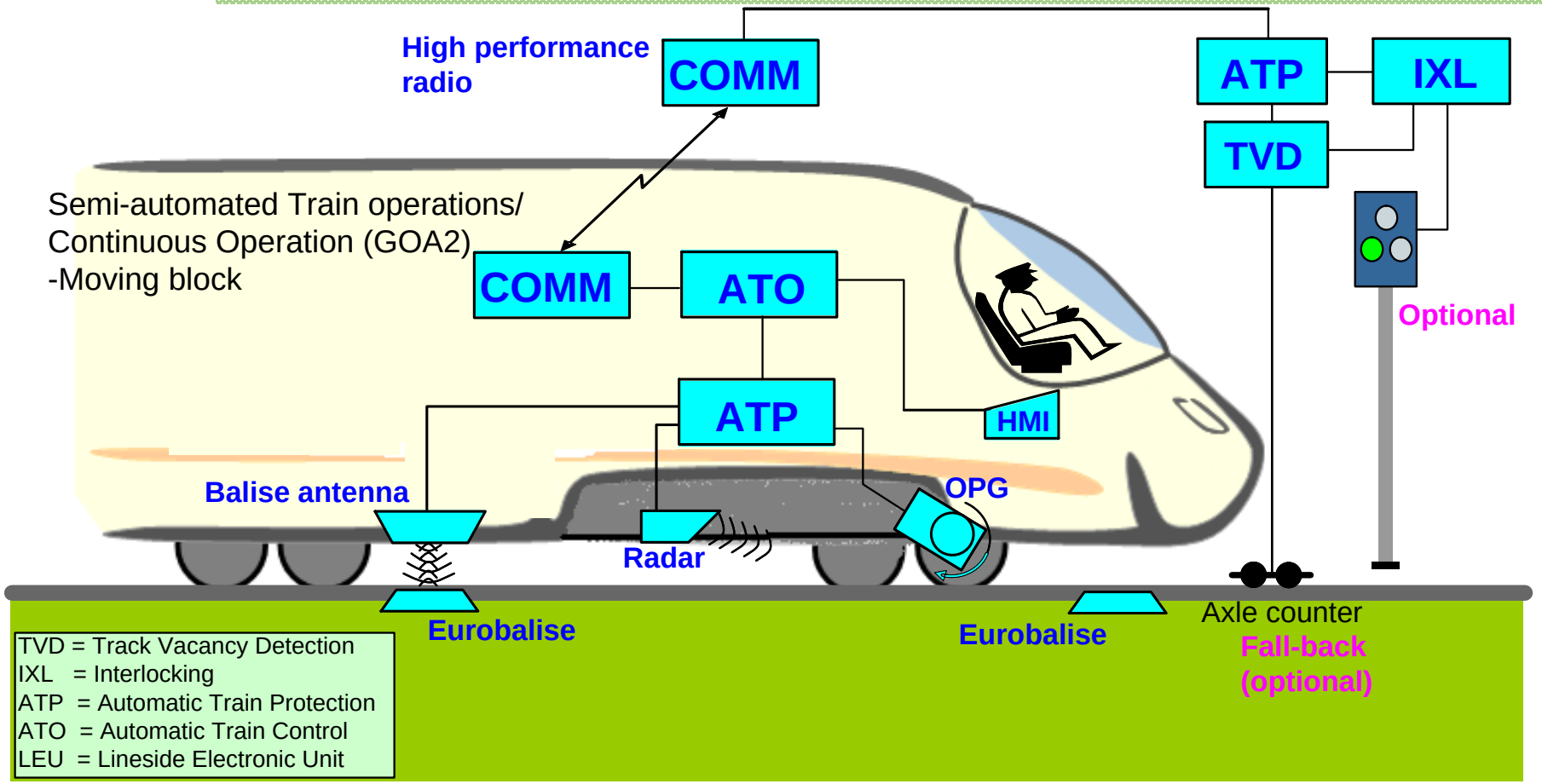
ตัวอย่าง UGTMS เกี่ยวกับ Grades of Automation

1. NTO - Intermittent Communication



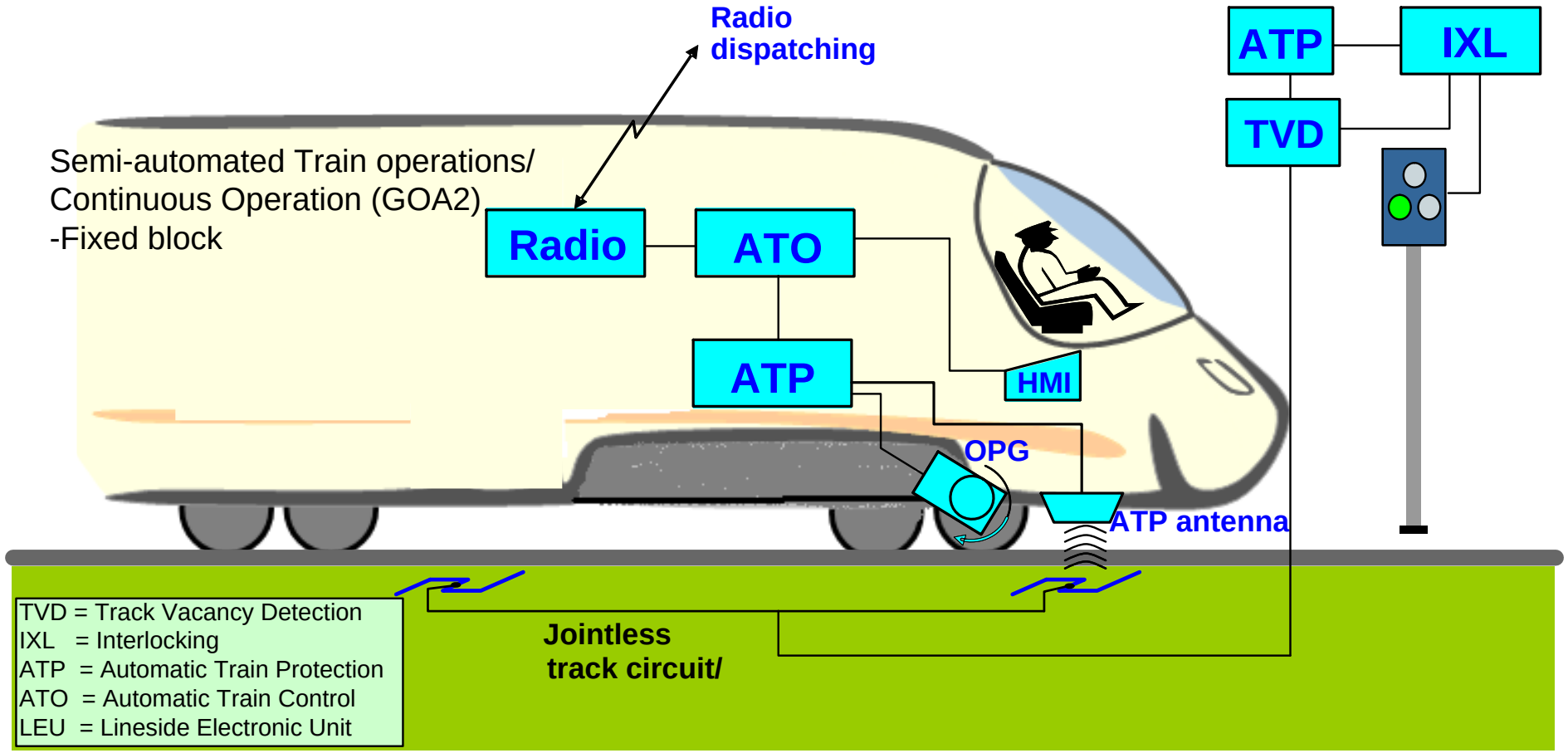
ตัวอย่าง UGTMS เกี่ยวกับ Grades of Automation

2.1 STO - Continuous Communication with Moving Block



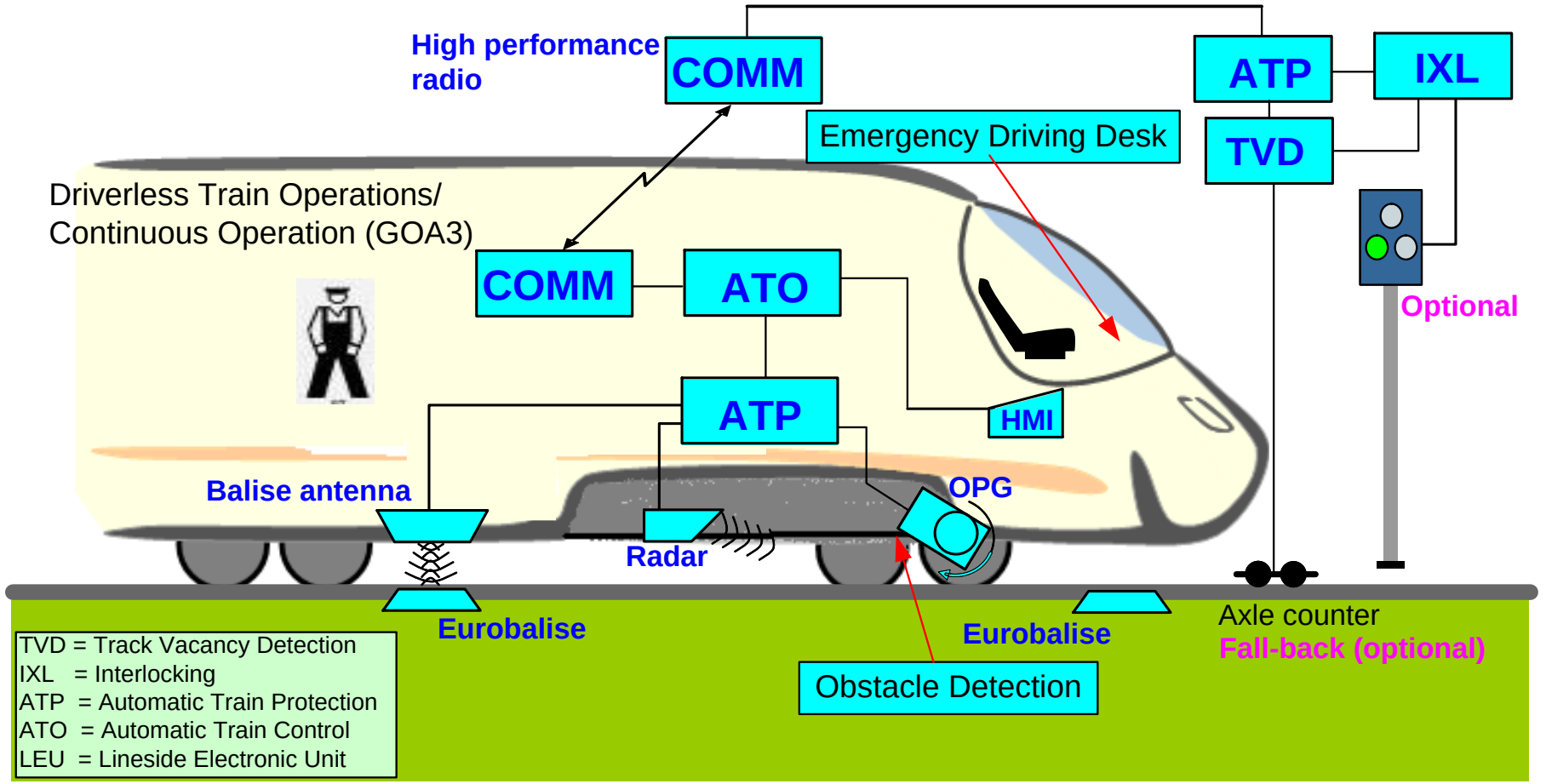
ตัวอย่าง UGTMS เกี่ยวกับ Grades of Automation

2.2STO - Continuous Communication with Fixed Block



ตัวอย่าง UGTMS เกี่ยวกับ Grades of Automation

3. DTO - Continuous Communication with Moving Block



ตัวอย่าง UGTMS เกี่ยวกับ Grades of Automation

3. DTO - ฟังก์ชั่นการทำงานหลัก

เป็นการเดินรถโดยไม่ต้องอาศัยเจ้าหน้าที่ขับรถ

รถไฟเคลื่อนออกจากสถานีและแล่นไปยังสถานีถัดไปโดยอัตโนมัติ รวมถึงการกลับรถอัตโนมัติ

ประตูรถไฟจะเปิดอีกครั้งถ้ารถไฟถูกสั่งให้หยุดรออยู่ที่สถานี

รถไฟต้องสามารถถูกสั่งสตาร์ทเครื่องได้จากระยะไกล

พนักงานประจำขบวนรถมีหน้าที่รับผิดชอบดังนี้:

- ควบคุมประตูรถสำหรับการขึ้นและลงรถไฟของผู้โดยสาร
- ป้องกันไม่ให้ผู้โดยสารได้รับบาดเจ็บระหว่างตู้ขบวนหรือระหว่างชานชาลากับรถไฟ
- รับประกันความปลอดภัยสำหรับสภาวะการเริ่มเคลื่อนขบวนรถไฟ
- เริ่มกระบวนการนำรถไฟเข้าสู่การเดินรถ และออกจากระบบเดินรถ
- ตรวจติดตามสถานะ การทำงานของขบวนรถไฟ

➔ Providing driverless operation (DTO)

ตัวอย่าง UGTMS เกี่ยวกับ Grades of Automation

4. UTO - Continuous Communication with Moving Block

ฟังก์ชั่นการทำงานหลัก

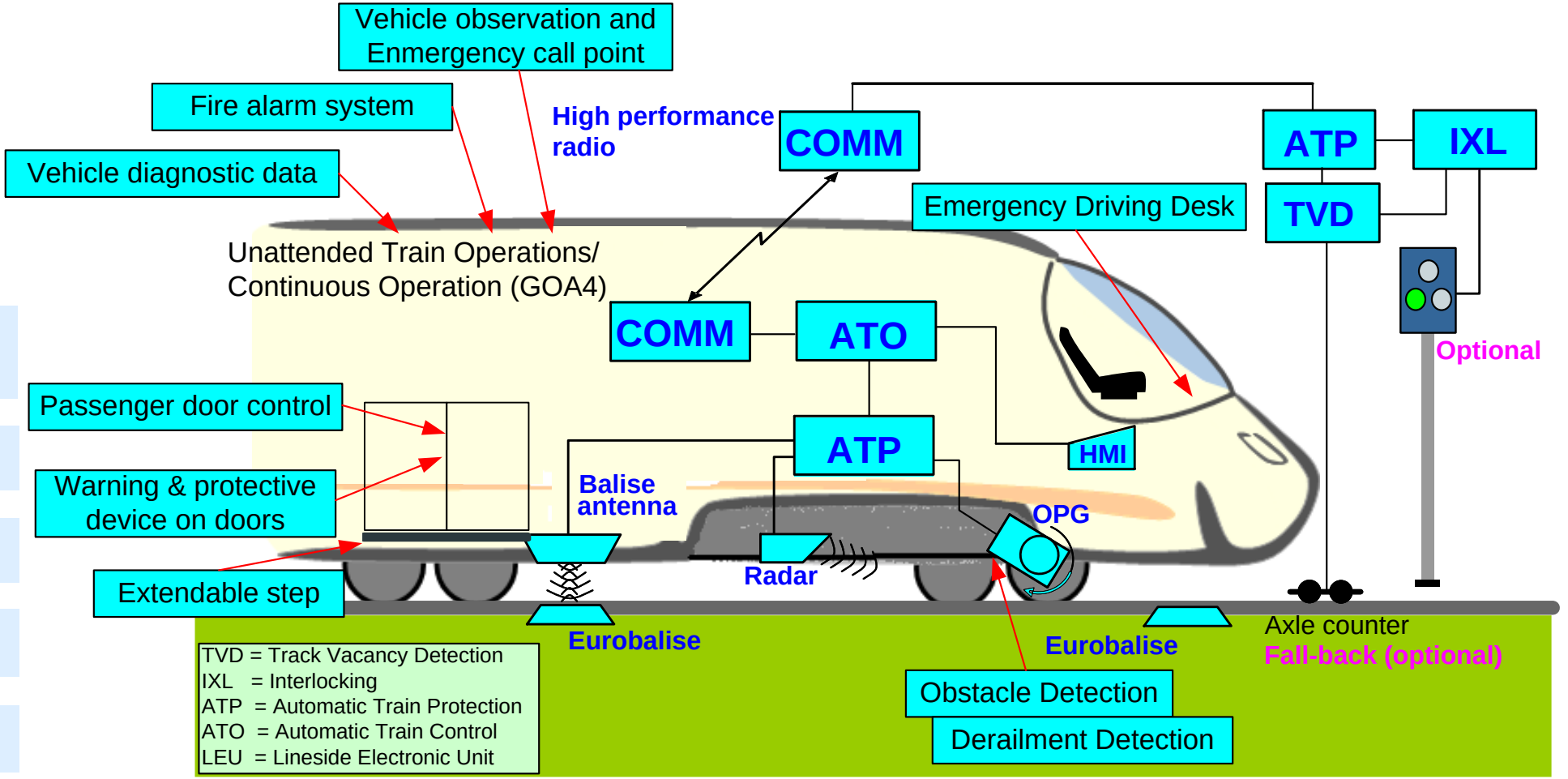
การพ่วงต่อขบวนรถและ
การปลดการพ่วงต่อโดยอัตโนมัติ

การสั่งงานสวิทช์ควบคุมการทำงานและ
การควบคุมรถไฟจากระยะไกล

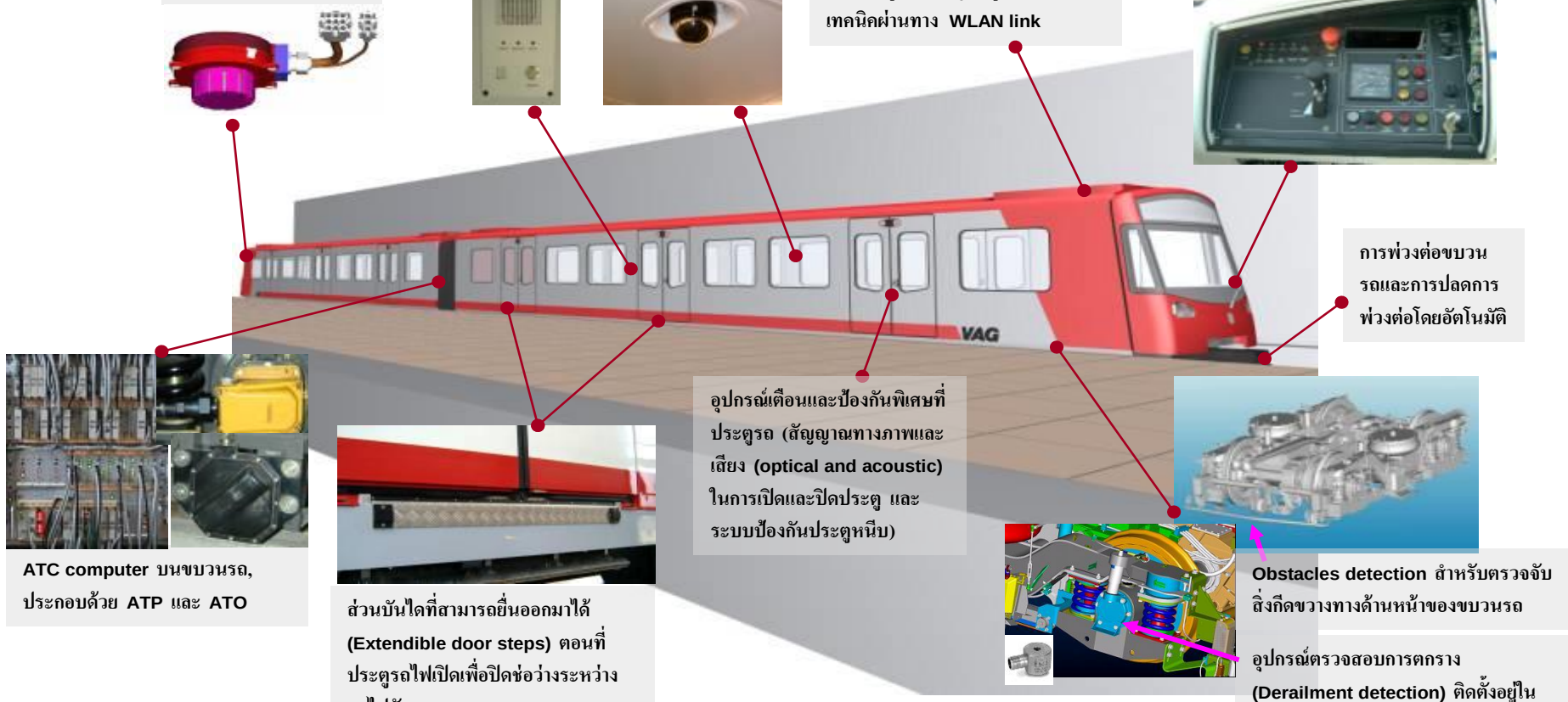
การรับประกันความปลอดภัยสำหรับ
สภาวะการเริ่มเคลื่อนขบวนรถไฟ

การจอดพักขบวนรถโดยอัตโนมัติ

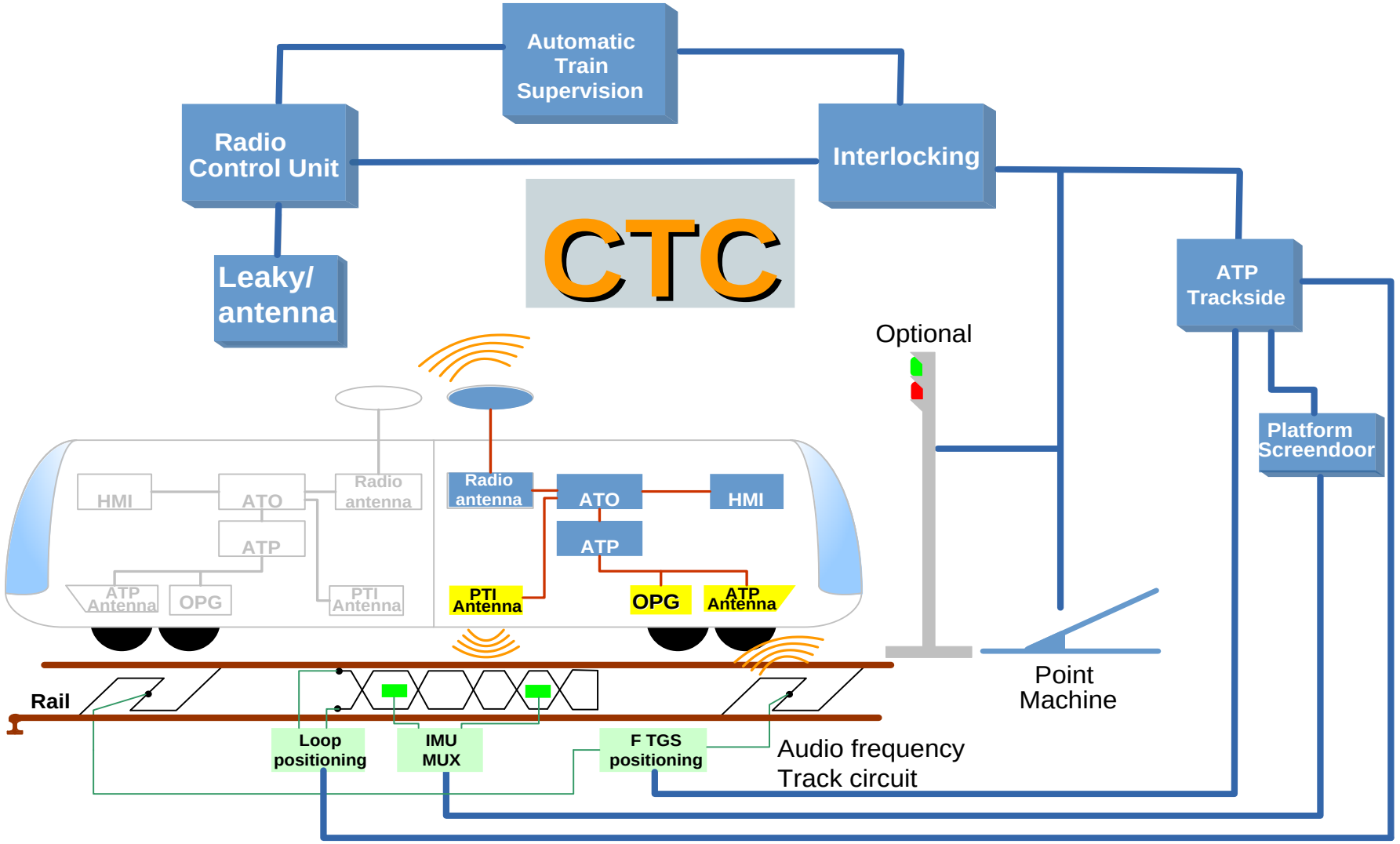
การตรวจติดตามสถานการณ์ทำงานของ
ขบวนรถไฟจากระยะไกล



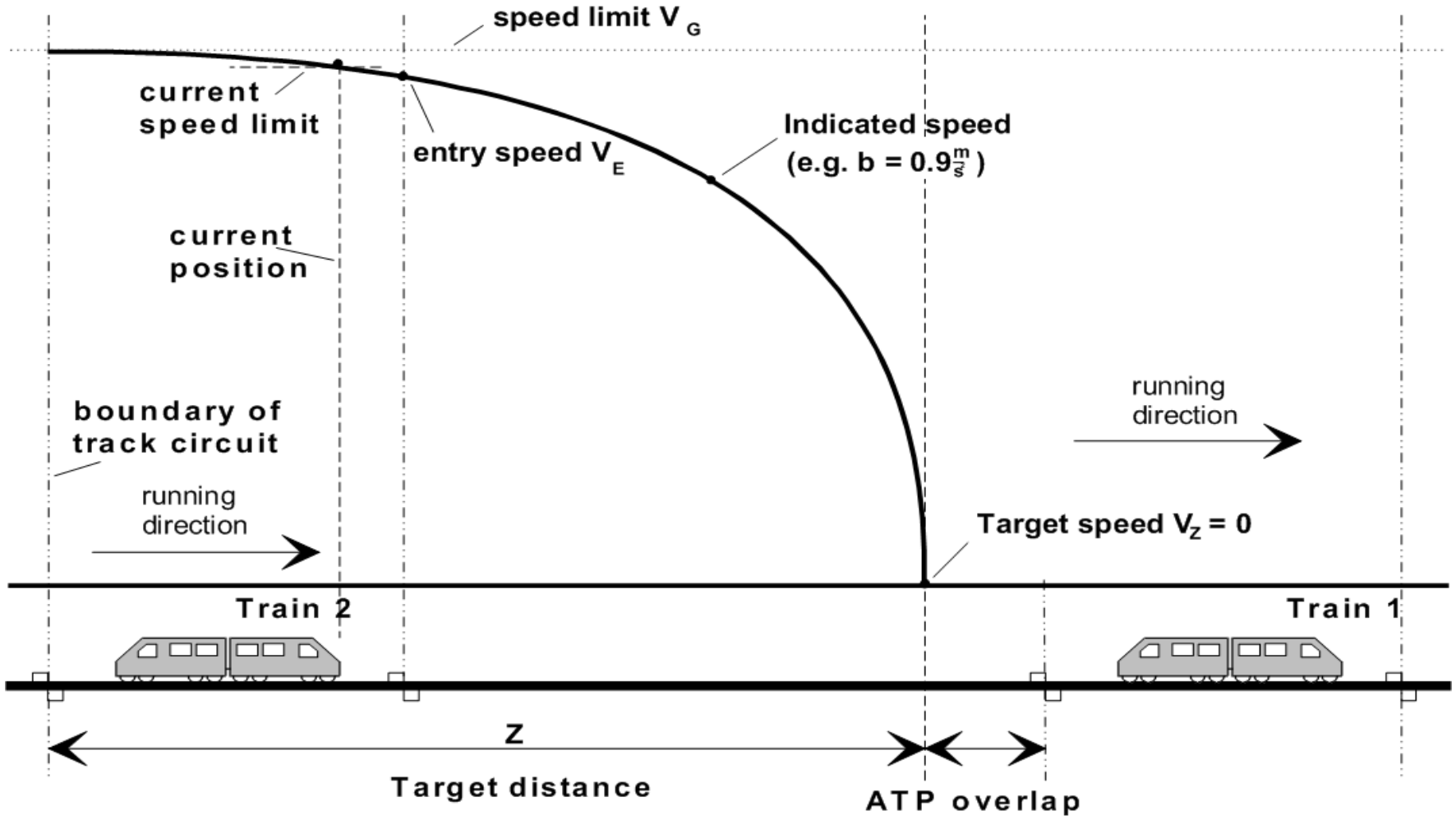
ตัวอย่าง UGTMS เกี่ยวกับ Grades of Automation
ตัวอย่างระบบ /อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องติดตั้งเพิ่มเติมสำหรับ UTO



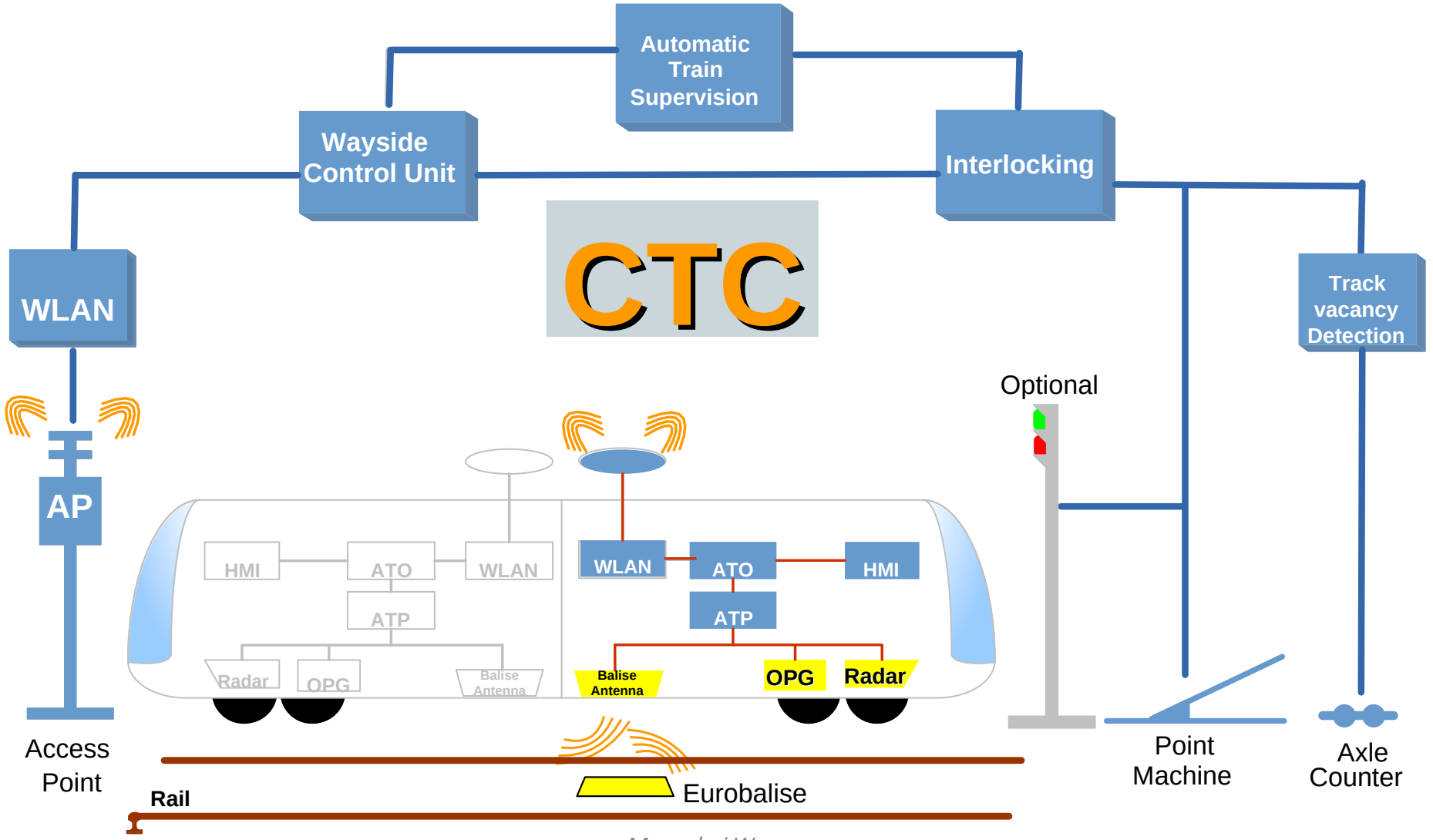
ตัวอย่างผังของระบบ fixed block



การเว้นระยะห่างขบวนรถไฟด้วย fixed block



ตัวอย่างผังของระบบ CBTC – moving block

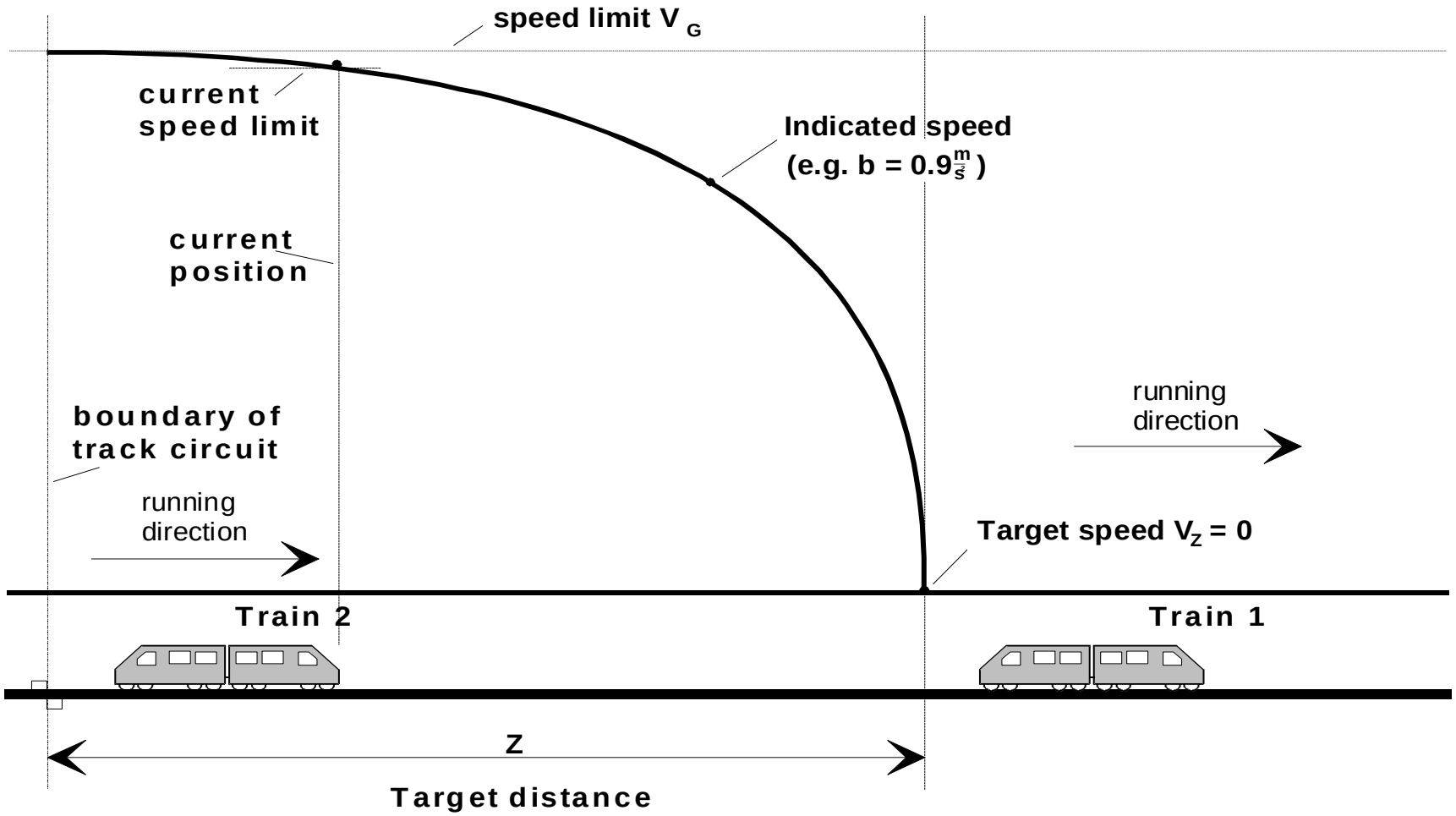


การเว้นระยะห่างขบวนรถไฟด้วย Moving block

Compare

MovingBlk

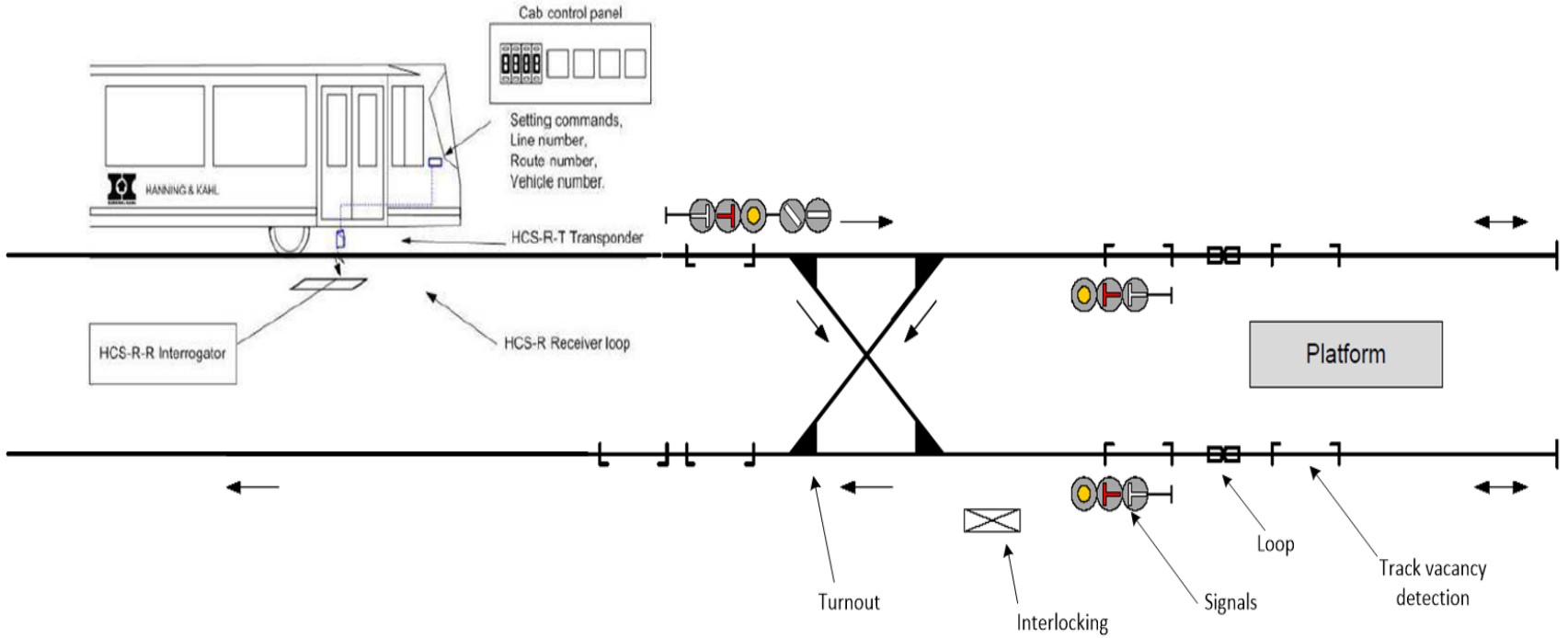
TMT



LRT: Signalling and Movement Control System

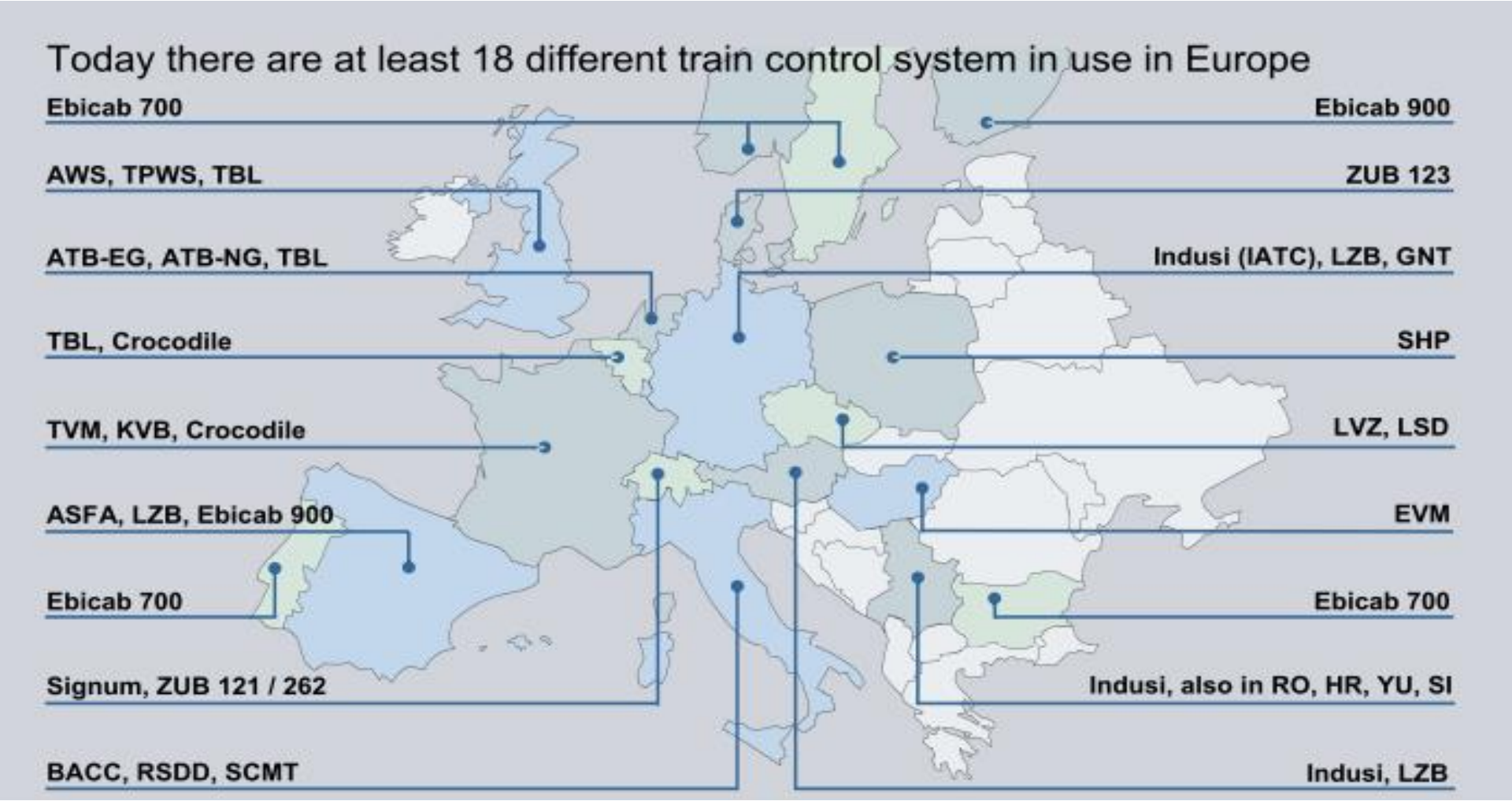
Traffic priority

Ref: H&K



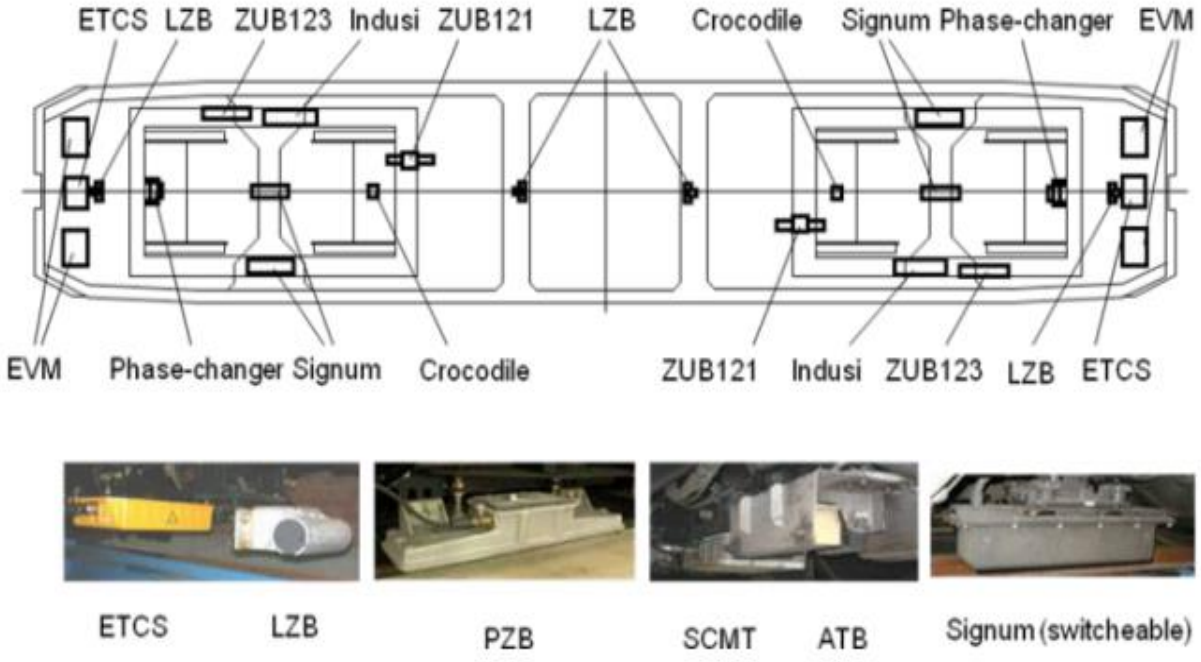
ERTMS/ ETCS System

ตัวอย่างระบบควบคุมการเดินรถที่ใช้งานจริงในทวีปยุโรป



ตัวอย่างก่อนมีระบบที่สามารถใช้งานร่วมกัน

ในทวีปยุโรป มีระบบอาณัติสัญญาณต่างกันมากกว่า 18 ชนิดใช้งานอยู่ เช่นตัวอย่างในภาพ เป็นรถไฟโดยสารยี่ห้อ Thales ซึ่งติดตั้งระบบอาณัติสัญญาณถึง 7 ยี่ห้อไว้บนรถขบวนเดียวเพื่อที่ให้มันสามารถวิ่งระหว่างผ่านหลายประเทศได้โดยผู้โดยสารไม่ต้องเปลี่ยนขบวนรถ ซึ่งต้องลงทุนมาก และยังต้องปิดระบบหนึ่งเพื่อเปิดอีกระบบหนึ่งขึ้นมาใช้ให้ถูกต้องเมื่อข้ามจากเส้นทางหนึ่งยังอีกเส้นหนึ่ง และสุ่มเสี่ยงถ้าระบบใดระบบหนึ่งเกิดเสียขึ้นมา



ตัวอย่างมาตรฐาน TSI Technical Specs for Interoperability

TSI High Speed Rolling Stock (2008/232/EC)
TSI Conventional Rail Locomotive & Passenger Rolling Stock (2008/232/EC)

TSI Persons with Reduced Mobility (2008/164/EC)
TSI Safety in Railway Tunnels (2008/163/EC)
TSI NOISE (2006/66/EC)

TSI High Speed Command, Control and Signalling (2006/860/EC)
TSI Conv. Rail Command, Control and Signalling (2008/679/EC)

TSI Conventional Rail Operation (2008/920/EC)
TSI High Speed Operation (2008/231/EC)

http://www.era.europa.eu/Core-Activities/Interoperability/Pages/TechnicalSpecifications.aspx

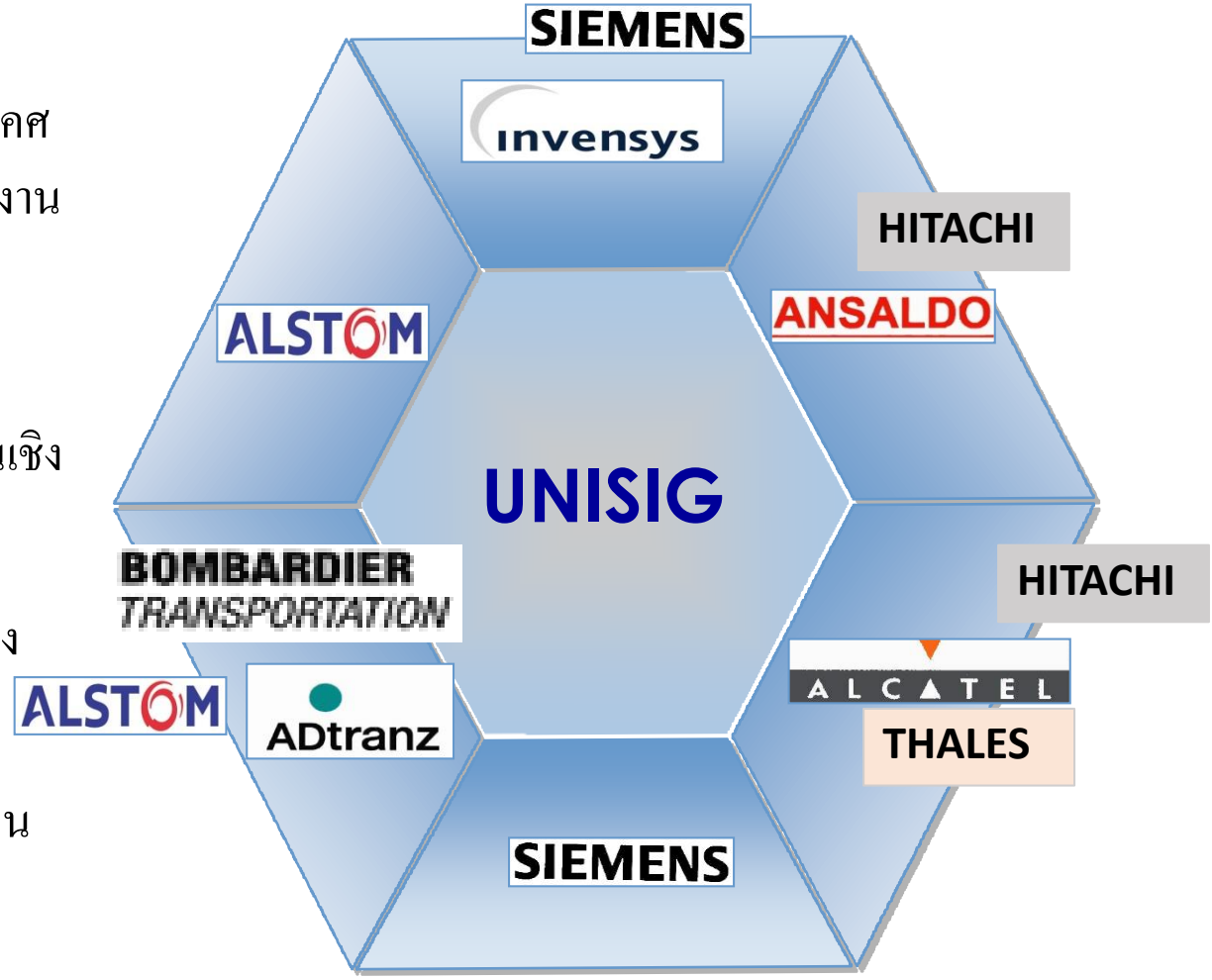
ความหมายของ ERTMS/ETCS

ERTMS (European Rail Traffic Management System) เป็นหลักการของระบบอาณัติสัญญาณและการควบคุมการเดินรถยุคใหม่ ซึ่งรวมถึง ระบบป้องกันรถไฟขั้นสูง ด้วยการใช้การตรวจติดตามความเร็วและการเบรกของรถไฟ โดนรถไฟจะใช้ข้อมูลจำพวก ความชัน ท่าสัญญาณ สมรรถนะกำลังเบรก เป็นต้น ในการคำนวณกรอบพิกัดความเร็วที่สามารถเดินรถได้อย่างปลอดภัยสำหรับช่วงของเส้นทางที่พิจารณา ระบบจะแทรกแซงการทำงานถ้าพบว่ารถไฟมีความเร็วเกินขีดจำกัด เพื่อทำให้รถไฟลดความเร็วลงให้อยู่ภายในกรอบที่กำหนด ระบบจะสั่งหยุดรถไฟอย่างปลอดภัย ถ้าพบท่าสัญญาณเป็นท่าห้าม (Signal at danger/ Red aspect) อีกประการหนึ่งคือความพยายามที่จะแนะนำการใช้งานระบบอาณัติสัญญาณที่เป็นมาตรฐานกลางร่วมกัน (Common signalling system) ทั่วทั้งยุโรป ซึ่งจะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเดินรถอย่างมหาศาล ตลอดจนเสริมสร้างอัตถประโยชน์ด้านความปลอดภัย และเกิดการบูรณาการการใช้งานระบบร่วมกัน (Interoperability)

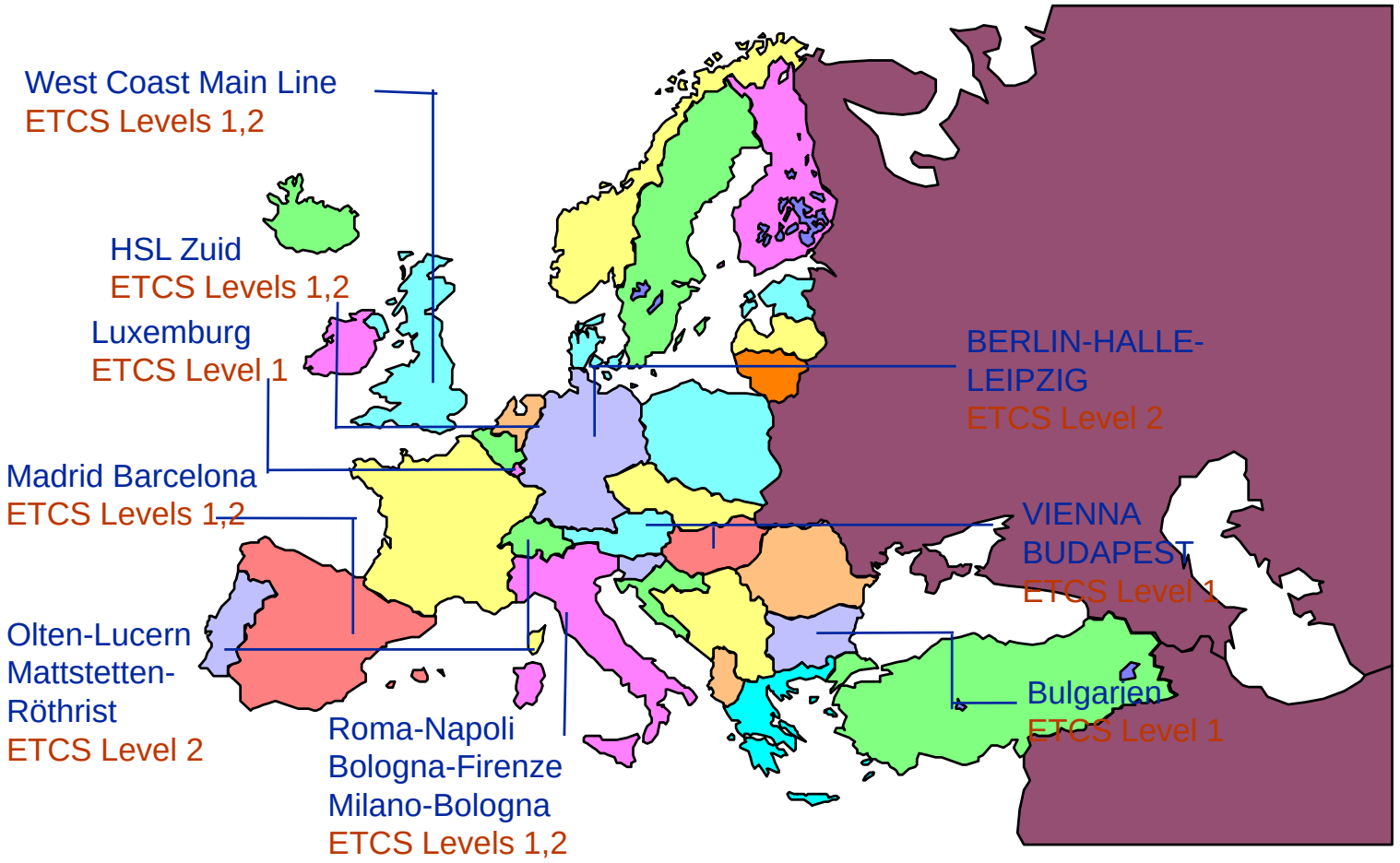
ETCS (European Train Control System) เป็นฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ซึ่งถูกออกแบบ พัฒนาและดำเนินการเพื่อที่จะทำให้หลักการของ ERTMS กลายมาเป็นระบบปฏิบัติการเดินรถ เทคโนโลยีของ ETCS มีระดับต่างกัน ซึ่งทำให้เกิดการทำงานร่วมกันในลักษณะต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อความจุและสมรรถภาพของเส้นทางเดินรถ

ผู้ผลิตที่ร่วมกันร่างเอกสาร ข้อกำหนดสำหรับระบบ ETCS

- SRS 2.0.0 และเอกสารย่อยอื่น ๆ รวมประมาณ 2000 หน้าได้ถูกสร้างขึ้นมา ในเดือนเมษายน ปี คศ 2000 โดย European railways และโรงงานผู้ผลิตระบบอาณัติสัญญาณที่สำคัญ ซึ่งได้ปรับปรุงเรื่อยมา จนเป็น SRS 2.3.0 (2006)
- ได้มีการนำมาใช้งานกับโครงการนำร่องและใช้งานเชิงการค้าอย่างเป็นทางการ
- มีผลบังคับใช้ตามกฎหมายสำหรับรถไฟความเร็วสูง (EU Directive 96/48 and TSI)
- เอกสารฉบับปรับปรุงจะได้นำมารวมไว้ในมาตรฐาน CENELEC standard



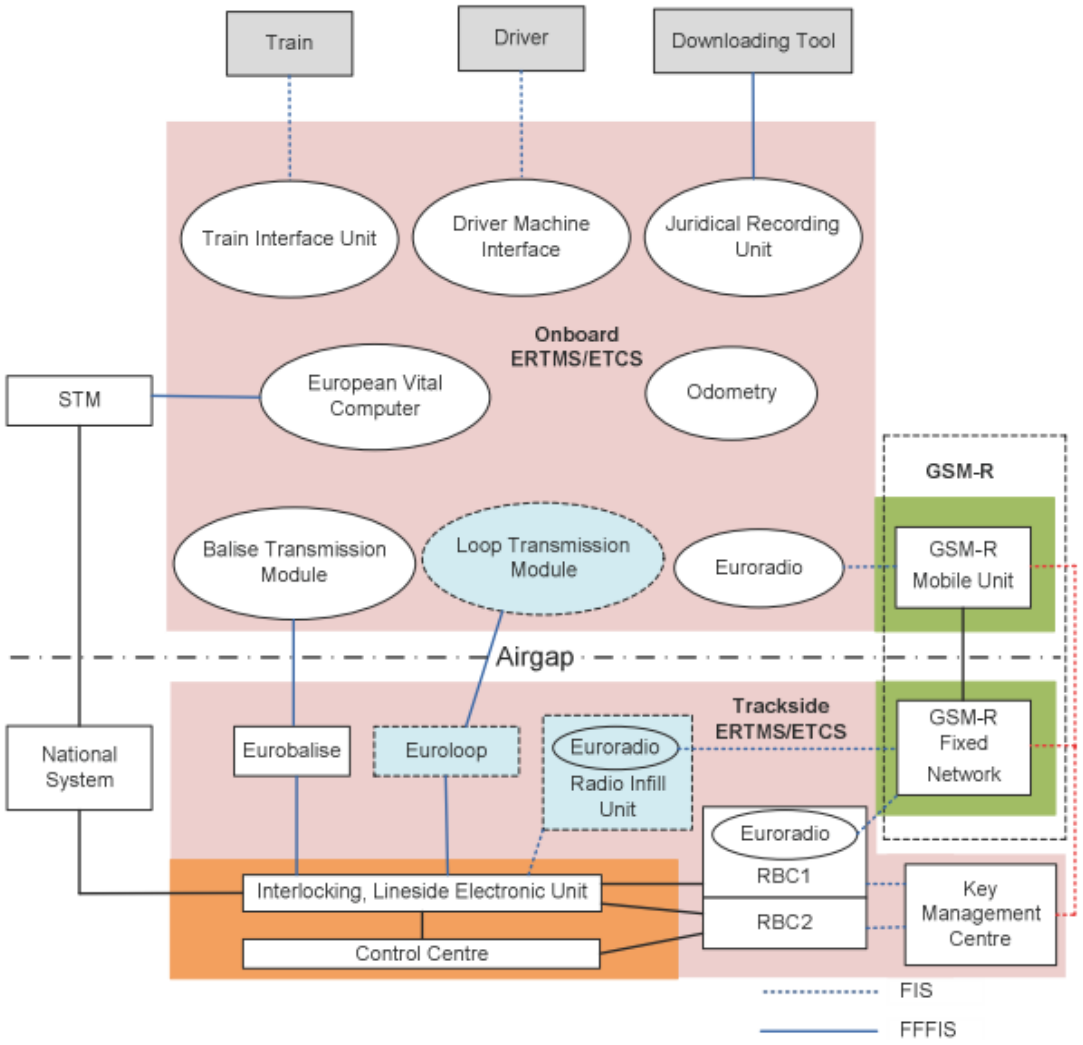
เส้นทางที่ปิดใช้งานด้วยระบบ ETCS ในยุโรป



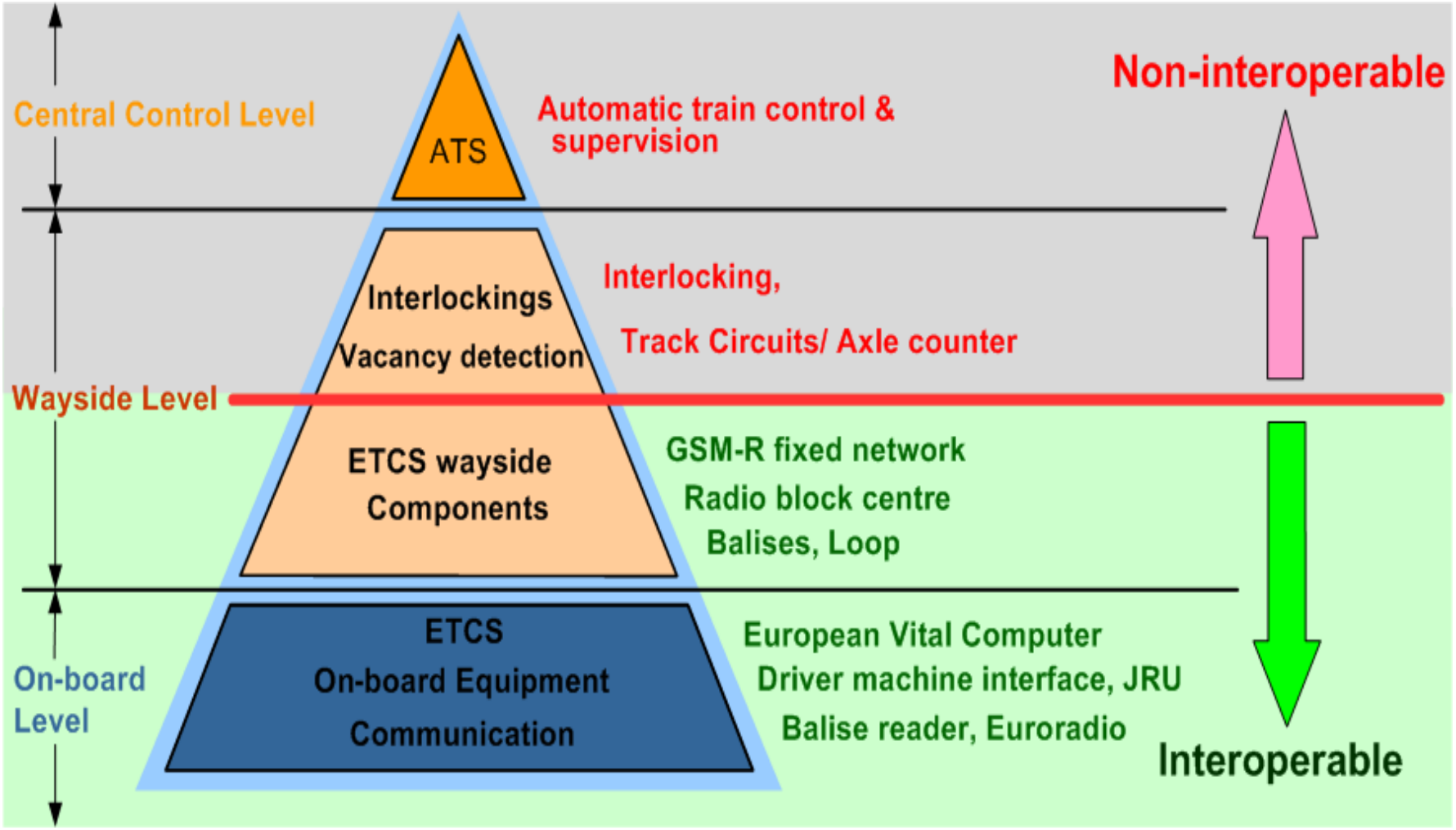
สถาปัตยกรรมของระบบ ETCS

UNISIG ปฏิบัติตาม **black box** ที่ได้มีการพัฒนามาตามลำดับขั้น ซึ่งหมายถึงเฉพาะการเชื่อมต่อที่กำหนดเป็นมาตรฐานเพื่อให้สามารถทำงานเข้ากันได้ โดยมีชนิดของการเชื่อมต่ออยู่ สองแบบ ดังนี้:

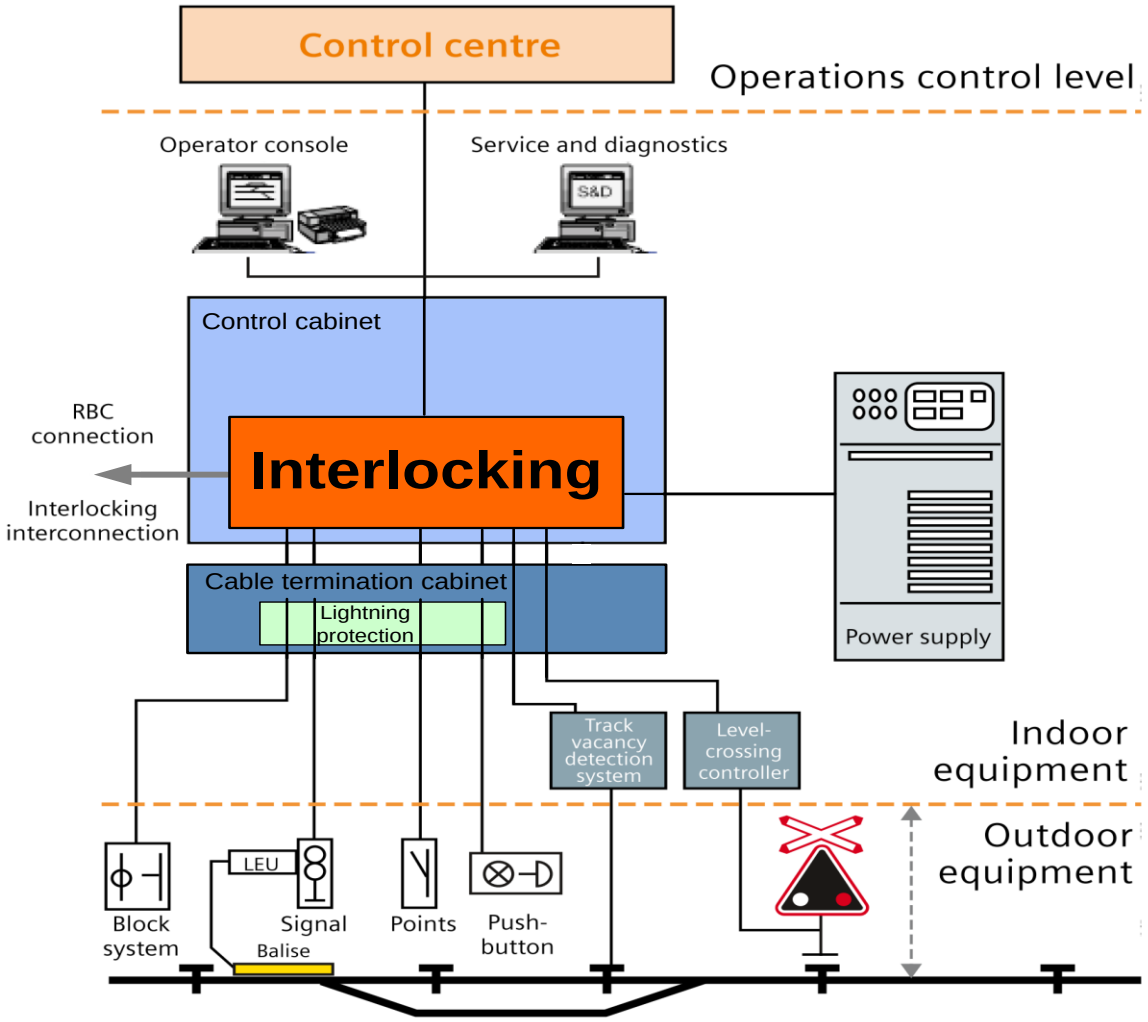
1. **FIS (Functional Interface Specification)** เพื่อการรับประกันความเข้ากันได้ทางด้านตรรกะสำหรับการประสานการเชื่อมต่อระหว่างส่วนที่กำหนด (***logical interoperability***),
2. **FFFIS (Form Fit Function Interface Specification)** เพื่อการรับประกันความเข้ากันได้ทางด้านตรรกะ และด้านกายภาพสำหรับการประสานการเชื่อมต่อระหว่างส่วนที่กำหนด(***logical and physical interoperability***)



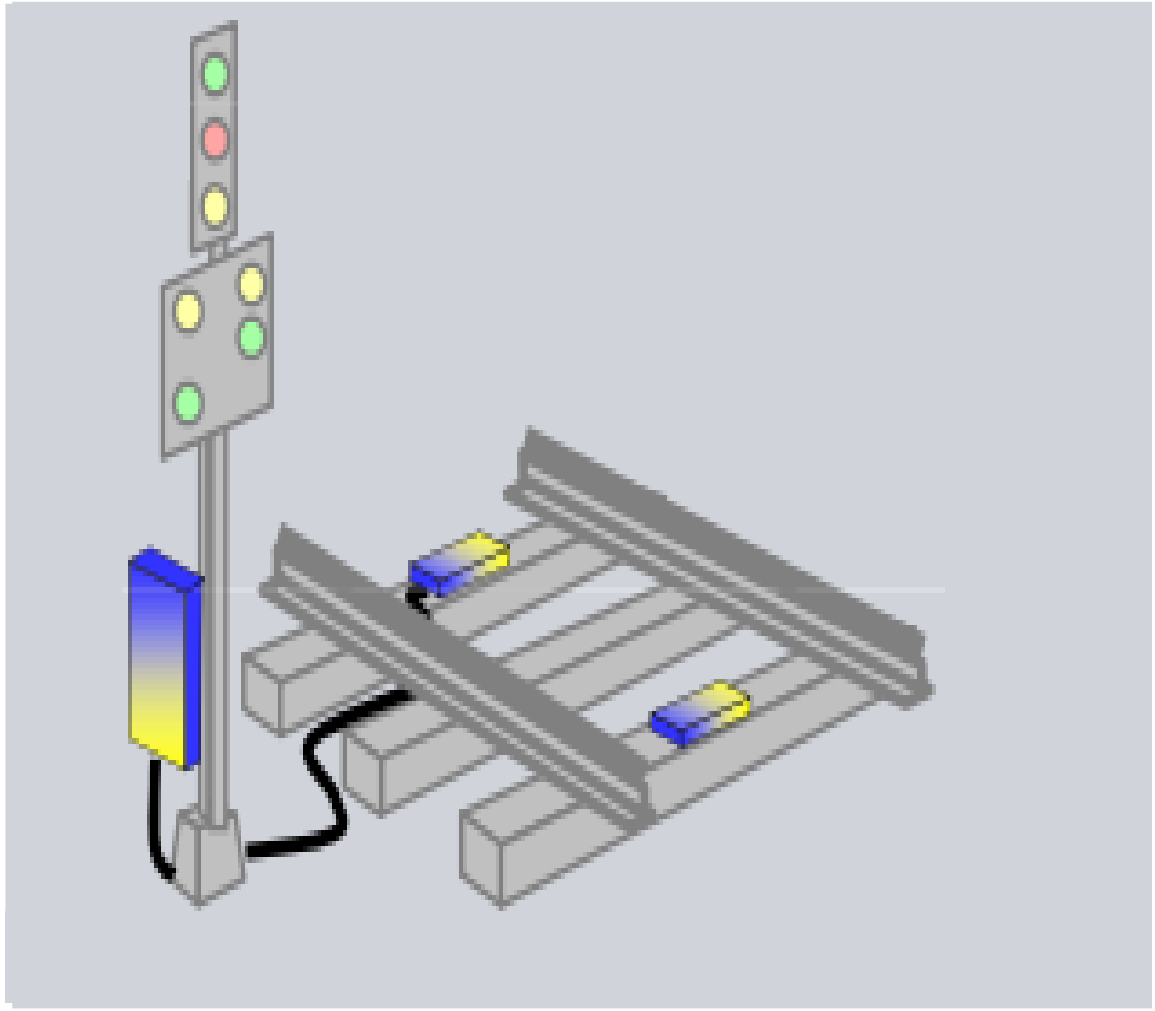
โครงสร้างระบบอาณัติสัญญาณสำหรับรถไฟทางไกล



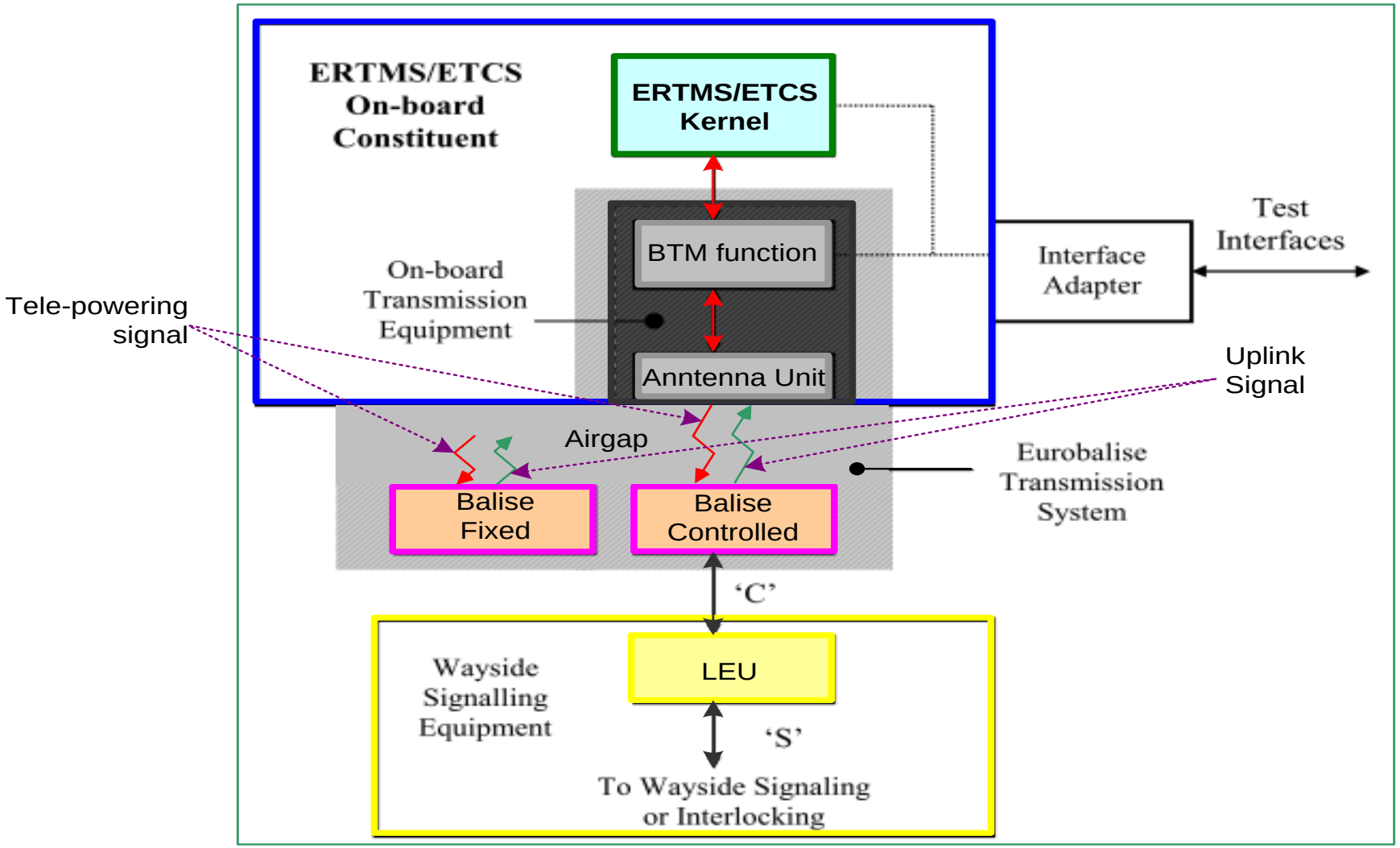
โครงสร้างฟังก์ชั่นของระบบ (System Functional Structure)



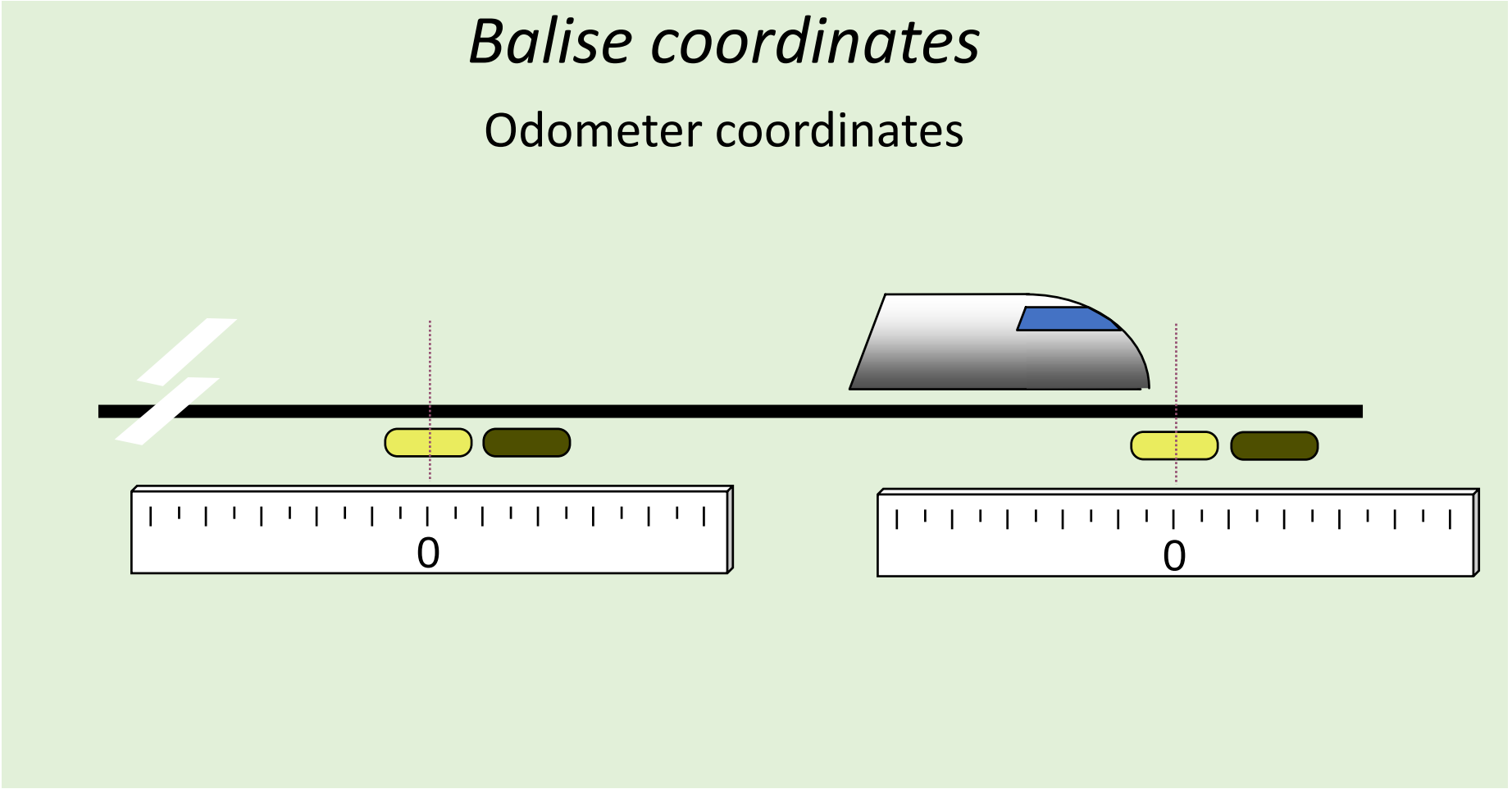
ETCS Eurobalise application



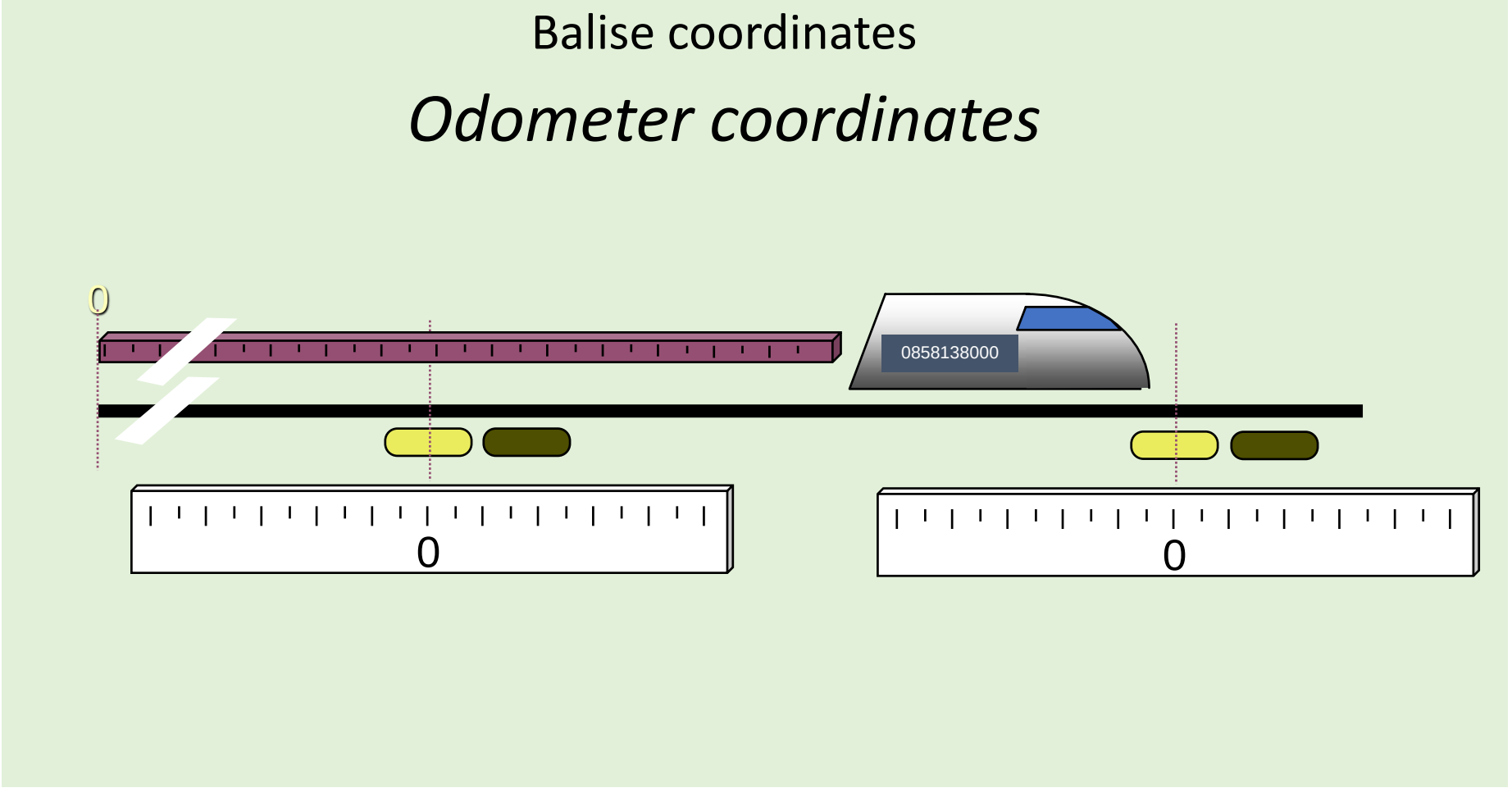
การส่งข้อมูลของ ETCS Eurobalise



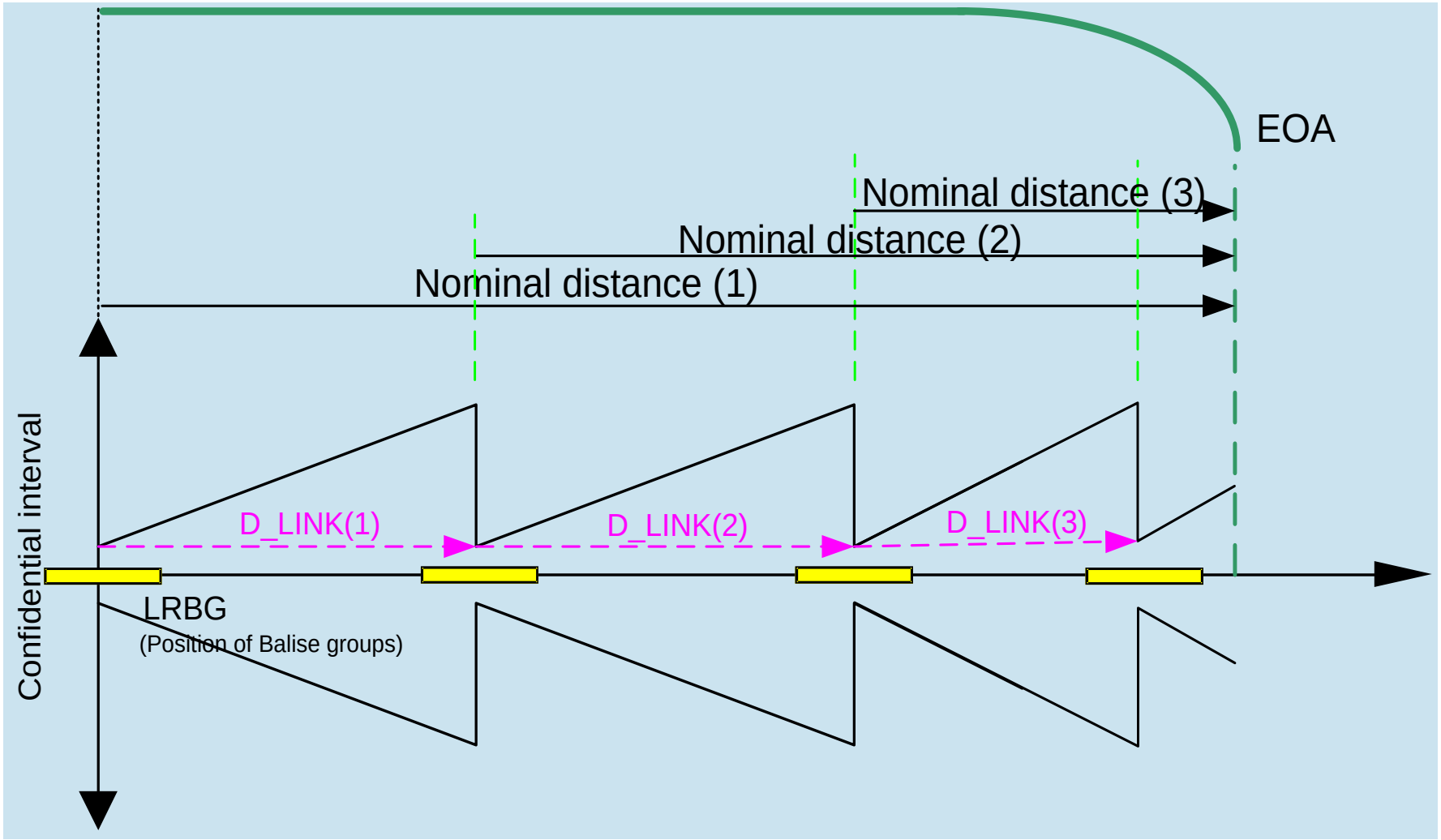
การอ้างอิงตำแหน่งด้วย ETCS Eurobalise



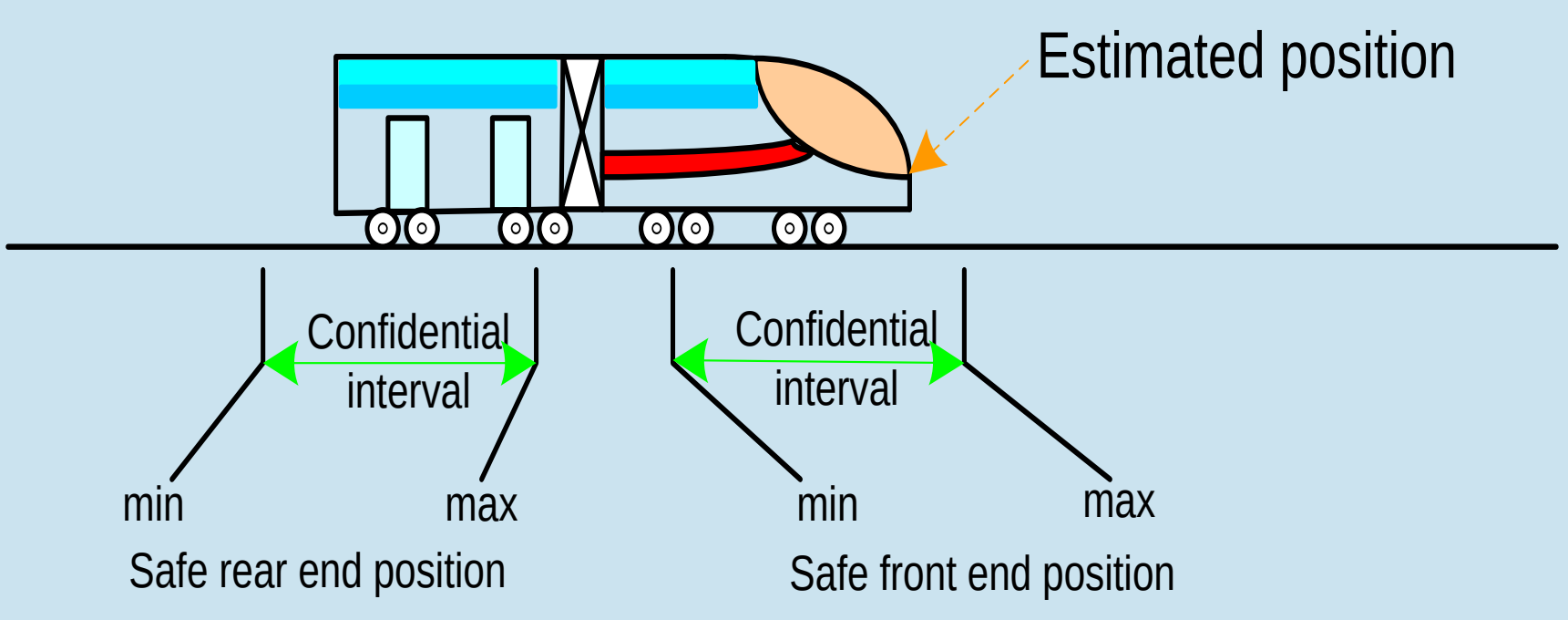
การอ้างอิงตำแหน่งด้วย Balise กับ Odometry



การทำงานของ Balise & Odometer กับระยะทางการเคลื่อนที่ของรถไฟ



Confidential interval เกี่ยวกับตำแหน่งของรถไฟ



การทำงานของ Euro loop infill

Semi continuous transmission device

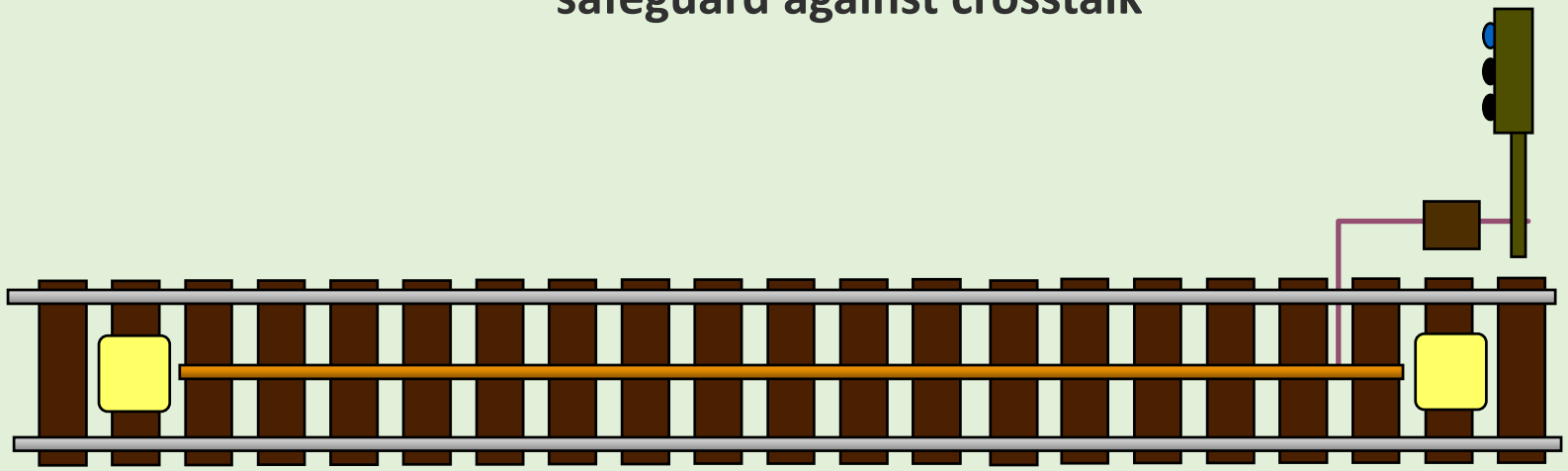
Mainly for infill purposes

Each end marked physically by an EOLM

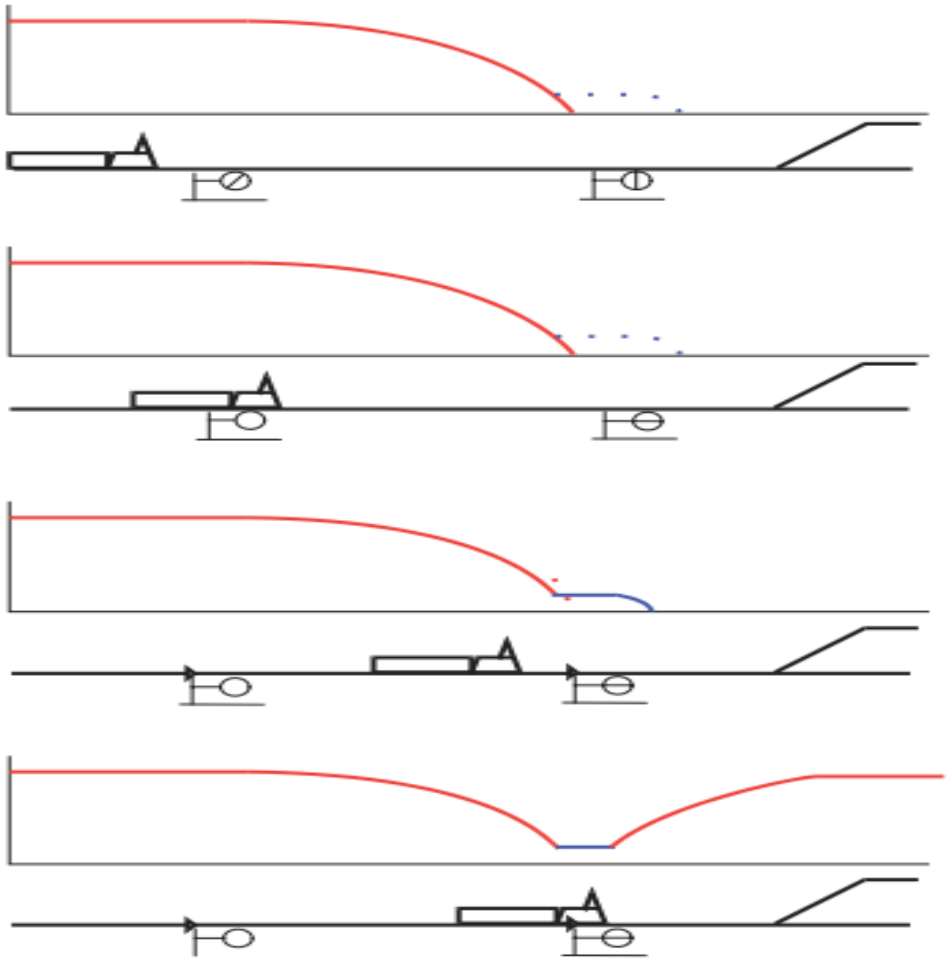
safe detection of presence of adjacent loop

choosing the correct loop information

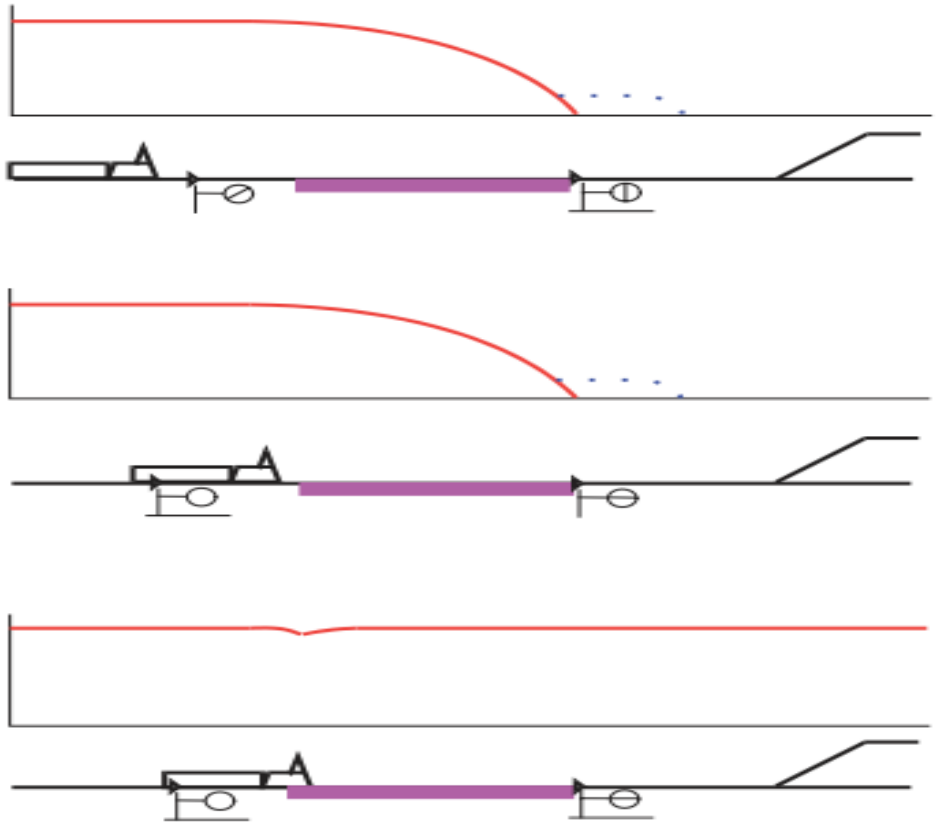
safeguard against crosstalk



การตรวจติดตามความเร็วของระบบ ETCS

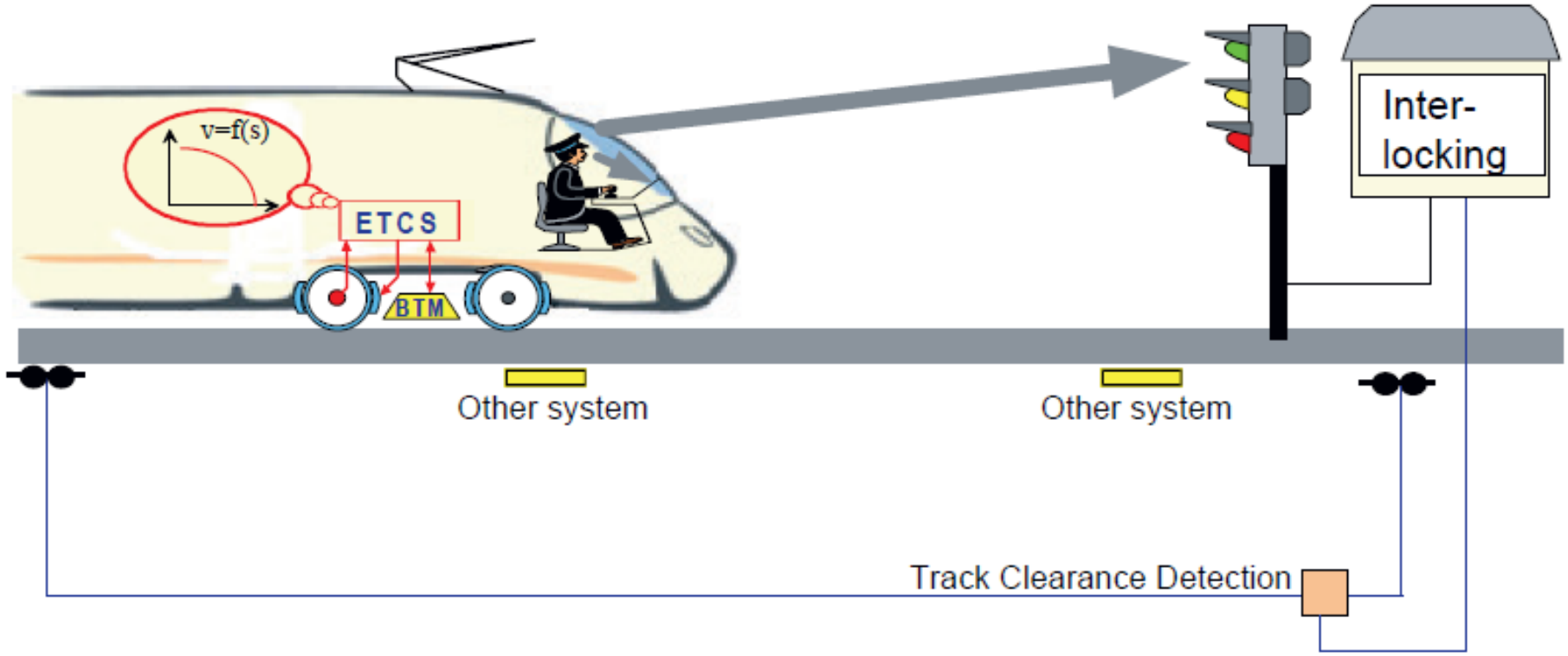


Spot transmission แบบไม่มี Infill

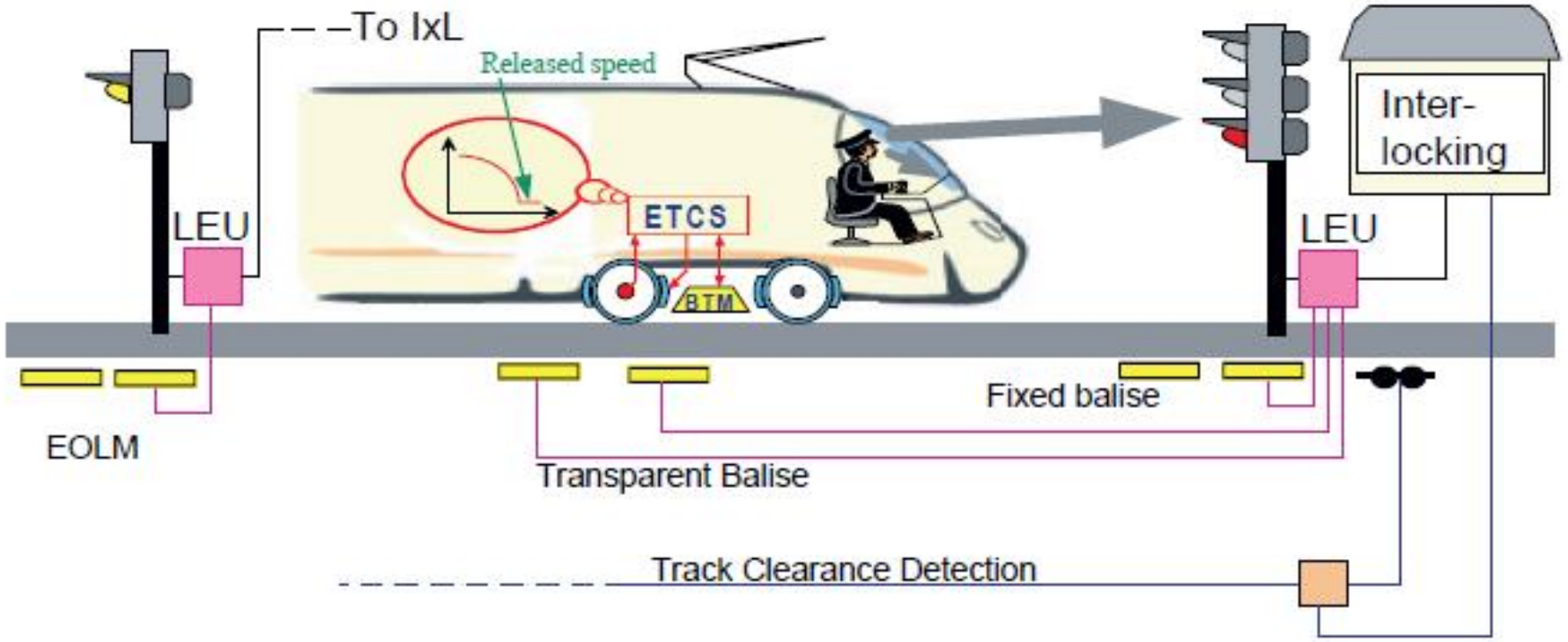


Spot transmission แบบมี Infill

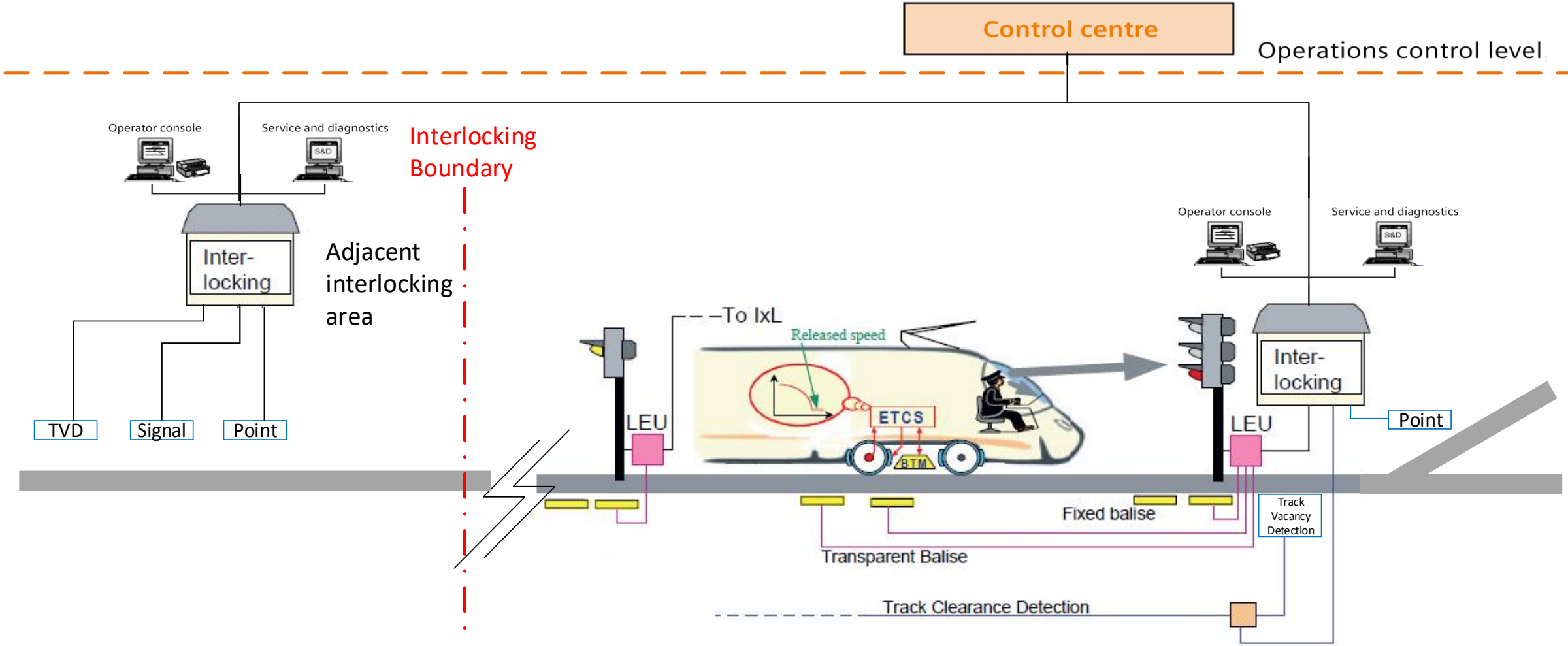
ETCS Level 0


v=f(s)
ETCS
BTM
Inter-
locking
Other system
Other system
Track Clearance Detection

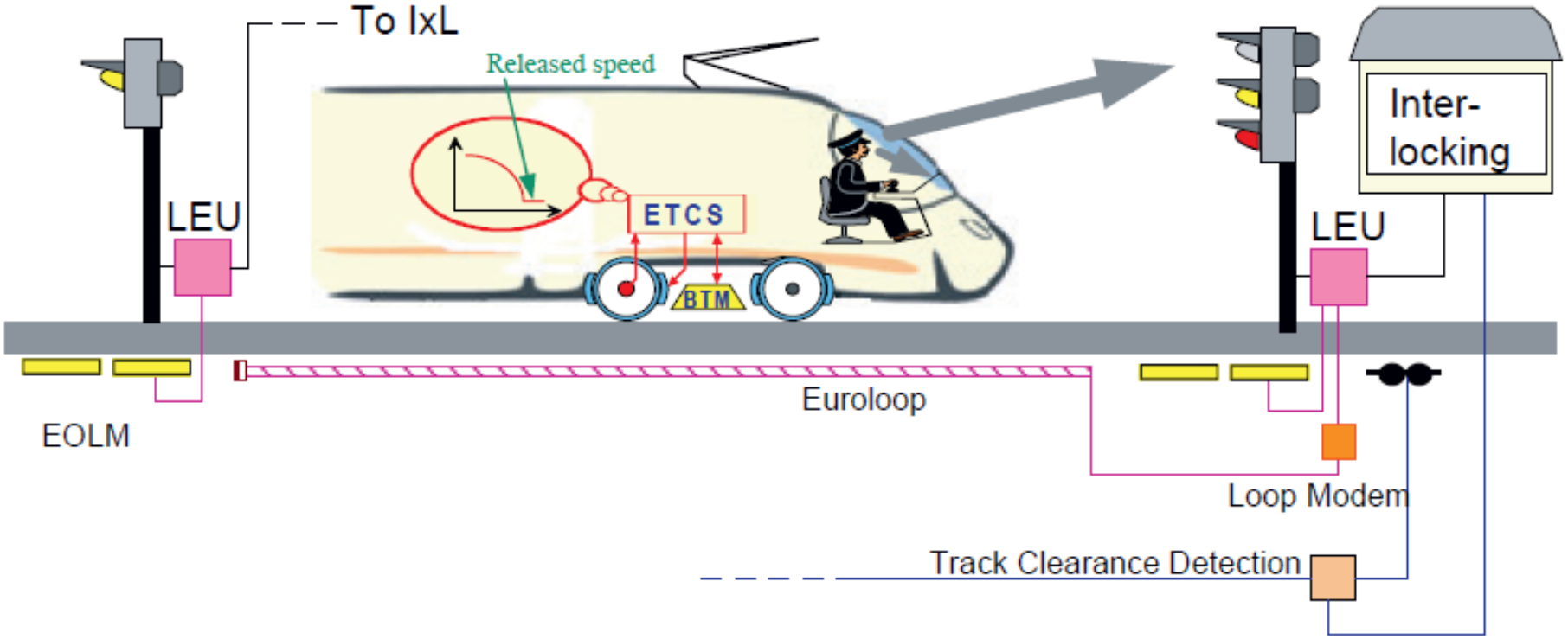
ETCS L1 Eurobalise infill



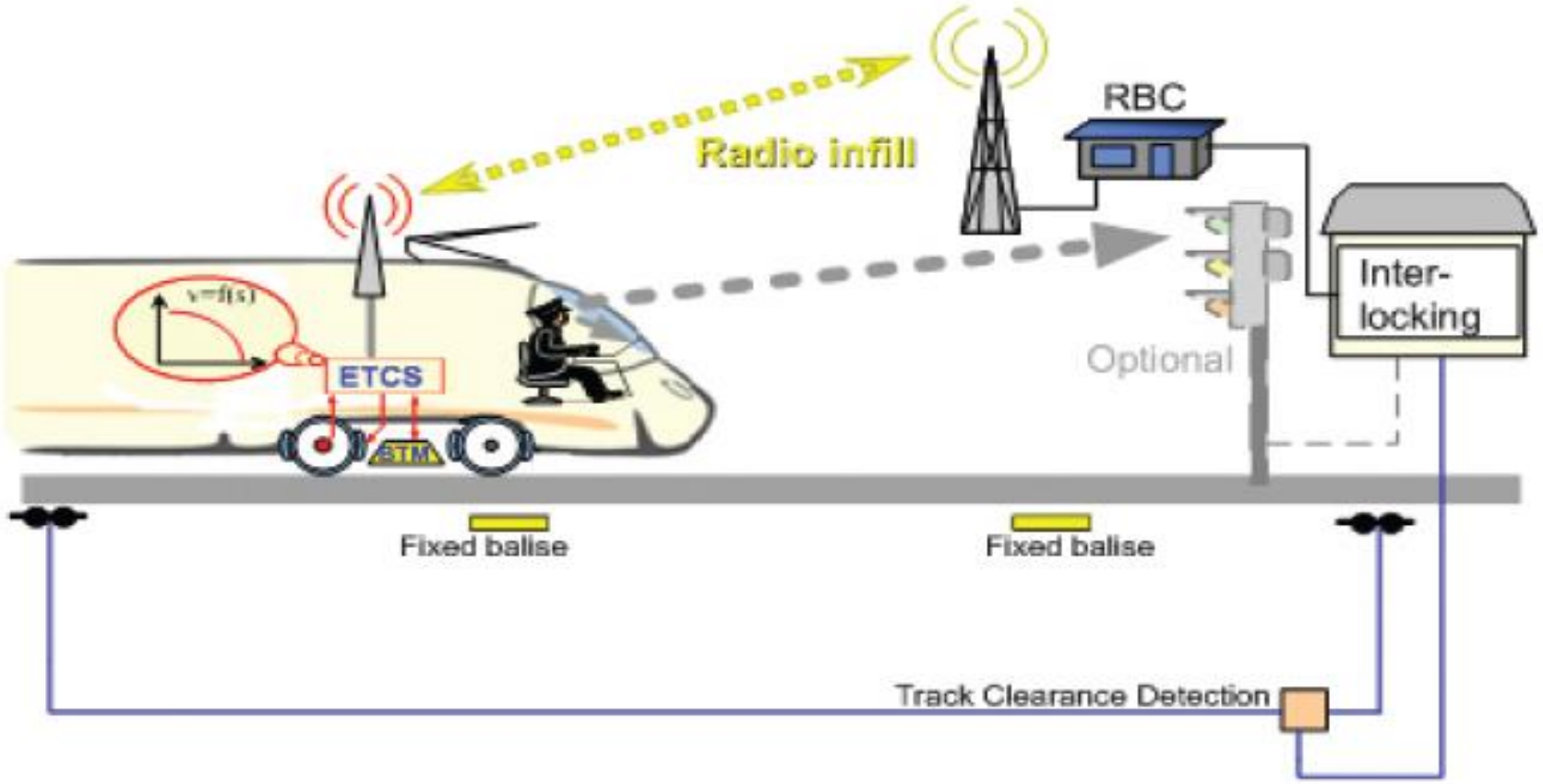
โครงสร้างแสดงอุปกรณ์ระบบอาณัติสัญญาณที่ใช้ในโครงการ



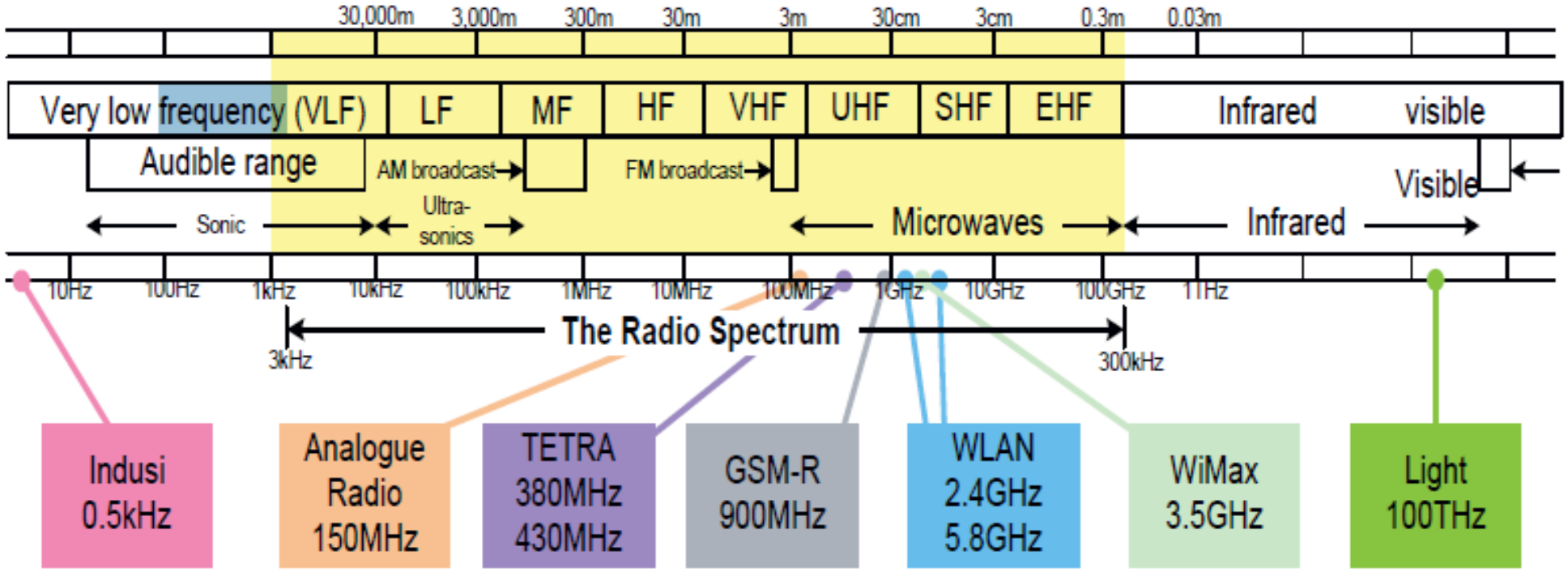
ETCS L1 Euroloop infill



ETCS Level 2

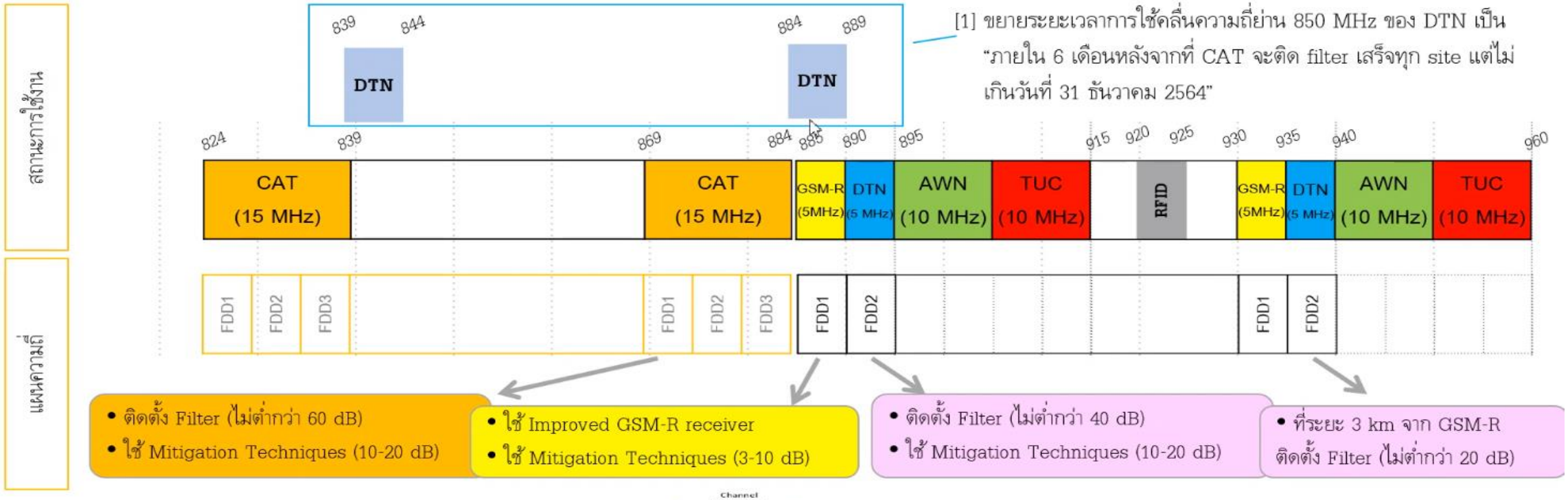

RBC
Radio infill
Inter-
locking
Optional
ETCS
Fixed balise
Fixed balise
Track Clearance Detection

Frequency band application



Radio system allocation for mainline railway

The band 850/900 MHz



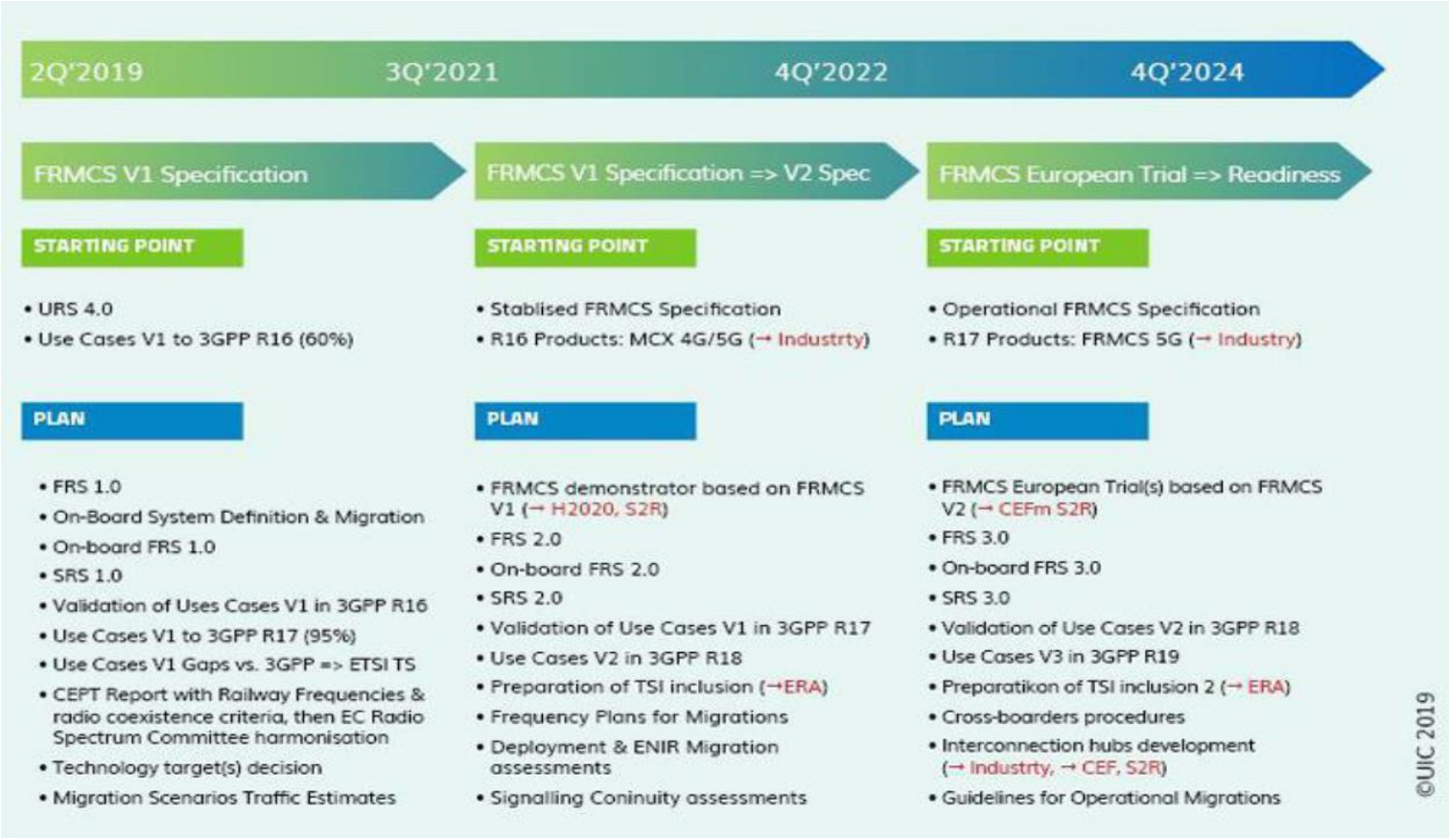
-Manachai W-

Radio system comparison for Mainline railway

Parameter	TETRA	GSM-R	LTE-R
End of life	Beyond 2035+	2025-2030	2035+
Coverage	Best in radio industry (10-25km) especially in 380Mhz	5-10km (even best case scenario of 900Mhz)	Worse than TETRA and GSM-R (even in 900MHz)
Use	Voice, data, signaling data	Voice, data, signaling data	Voice, data, signaling data, CCTV
HSR experience	Yes, Shinkansen in TW.	Yes	Yes, pilot project in China.
ETCS L2 Support	Yes, certified by Siemens. No project reference in HSR only due to technology transition.	Yes	Yes. No project reference in HSR only due to technology transition.
Performance	Call set-up time: <300ms Reliability: 99,999% (configuration can be adjusted to provide as many "9s as needed"). Data speed: 7,2kbps over 4,8kbps ETCS requirement.	Call set-up time: <3s Reliability: 99,999% Data speed: 9,6kbps	Call set-up time: <300ms Reliability: 99,999% Data speed: 100MBps
Spectrum needed for ARL and HSR	450khz (or less than 0,5MHz)	4Mhz	5Mhz
Eco-system	8+ companies supplying system and terminals totally dedicated to Mission critical radio.	Declining, 3-4 companies mostly from the comercial telco world.	Expanding but different suppliers not truly interoperable yet.
Technology standard	Mature but still evolving.	Mature but EOL	Early stage, standard not comparable to TETRA or GSM-R.

FRMCS state : UIC FRMCS planning calendar

- Deliver the first stable version of specifications and obtain frequencies
- Prepare and deliver the FRMCS demonstrator, based on the stable specifications and 3GPP R16 products
- Prepare and deliver a FRMCS European trial, based on updated specifications and 3GPP R17 products.

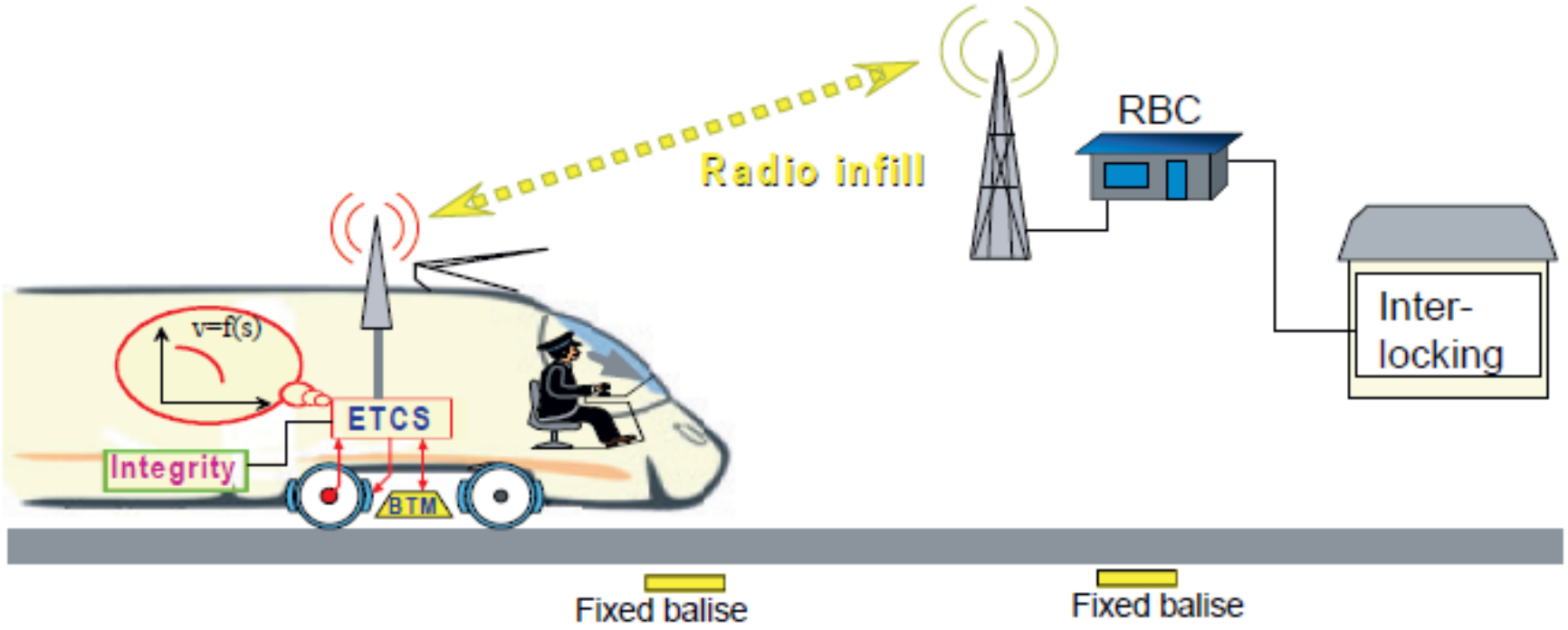


First commercial deployments expected for 2025 onwards.

เปรียบเทียบ ETCS Level 1 กับ 2

- **Level 1** เป็นระบบการส่งข้อมูลเป็นจุด หรือช่วงสั้น ๆ ผ่านทาง **balises** หรือ **Loop** หรือ **Radio,**
- **Level 2** เป็นระบบการส่งข้อมูลแบบต่อเนื่องผ่านทาง **radio (GSM-R)** และ **fixed data balises,** ทำให้เส้นทางที่ติดตั้ง **Level 2** มีความจุเส้นทางมากกว่าได้
- **Level 1** และ **2** ต้องมีอุปกรณ์อาณัติสัญญาณบนรถไฟ **(on-board signalling)**
- **Level 2** ไม่ต้องใช้ไฟสัญญาณอีกต่อไป
- **Level 2** เป็นระบบที่กล่าวได้ว่าเทียบเท่ากับการเคลื่อนที่แบบ **fixed block**

ETCS Level 3


Radio infill
RBC
Inter-
locking
v=f(s)
ETCS
Integrity
BTM
Fixed balise
Fixed balise

เปรียบเทียบ ETCS Level 2 กับ 3

- **Level 2** เป็นระบบที่กล่าวได้ว่าเทียบเท่ากับการเคลื่อนที่แบบ **fixed block** ในขณะที่ **Level 3** เป็นระบบที่กล่าวได้ว่าเทียบเท่ากับการเคลื่อนที่แบบ **Moving block**
- **Level 3** เป็นระบบที่ยังคงเป็นแค่อนาคต ปัญหาหลักอยู่ที่จำนวนตู้ขบวนรถไฟ หรือความยาวของขบวนรถไฟ (**train integrity**) ซึ่งในปัจจุบัน ยังไม่มีเทคโนโลยีที่สามารถระบุมันได้อย่างถูกต้องปลอดภัย ทำให้ ณ ปัจจุบัน ยังไม่มีระบบรถไฟที่ใช้ **ETCS Level 3**

Wayside protection/ monitoring system

Source: *Beena visionDTS, TRAFIKVERKET, PHOENIX MB, SIGNAL&SYSTEM TECHNIK, KLD lab*

All

ยกตัวอย่างระบบบางระบบที่มีใช้งานในปัจจุบัน

- ระบบตรวจจับความร้อนของตลับลูกปืนประกบเพลา (Hot Axle Box Detection, HABD)
- ระบบตรวจจับความร้อนของล้อรถไฟ (Hot Wheel Detection, HWD)
- ระบบตรวจจับชิ้นส่วนรถไฟลากครูดบนทางรถไฟ (Dragging Equipment Detection, DED)
- ระบบตรวจจับสภาพล้อรถไฟ (Wheel Impact Load Monitoring, WILD)
- ระบบตรวจวัดน้ำหนักบรรทุกของรถไฟ (Weigh In Motion, WIM)
- ระบบตรวจวัดโครงร่างล้อรถไฟ (Wheel Measuring System, WMS)
- ระบบตรวจวัดโครงร่างรางรถไฟ (Rail Measuring System, RMS)
- ระบบตรวจขนาดโครงร่างขบวนรถไฟ (Video Monitoring System, VMS)
- ระบบสัญญาณความถี่วิทยุตรวจหาหมายเลขตู้ขบวน (Radio Frequency Identifier System, RFID)

EN15437

HABD

DED

Impact

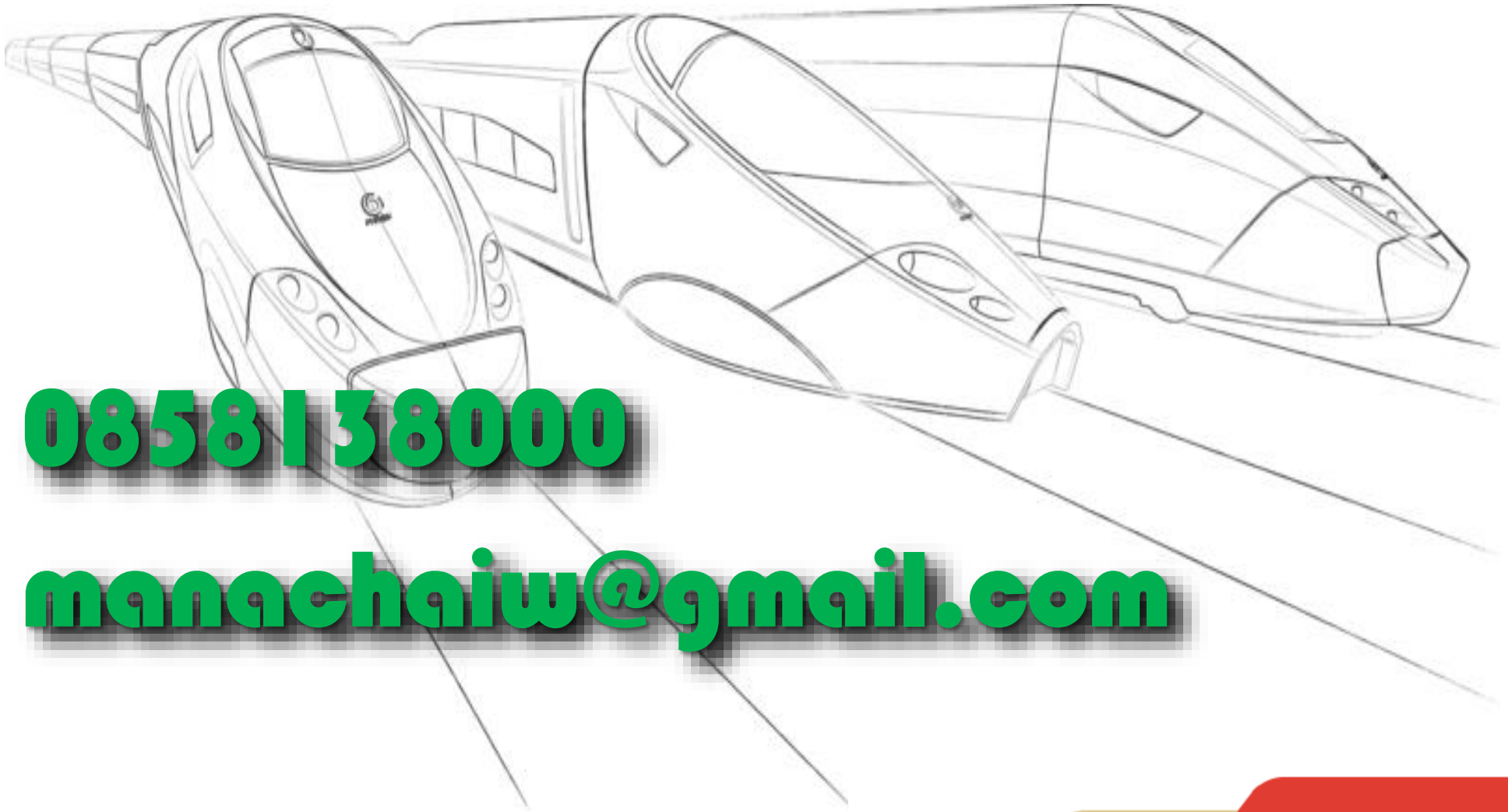
Freight

Passenger

3rd

Rail

Profile



0858138000

manachaiw@gmail.com