บทความวิชาการ

ระบบควบคุมรถไฟฟ้าอัตโนมัติ

Railway Signaling System

รัชกร นรนาถตระกูล

บริษัท ไวร์เออ แอนด์ ไวร์เลส จำกัด

อาคาร อโยธยาทาวเวอร์ ชั้น 26 เลขที่ 240/64-67 ถนน รัชดาภิเษก

แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310

RajakornNoranarttakun

Wire & Wireless Co., Ltd.

Ayothaya Tower, 26th Floor, 240/64-67 Ratchadapisek Road,

Huai Khwang, Huai Khwang, Bangkok 10310

E-mail: rajakorn_nor@ww.co.th

วันที่รับบทความ : 28 มิถุนายน 2565

วันที่แก้ไขบทความ : 16 กรกฎาคม 2565

วันที่ตอบรับบทความ : 10 สิงหาคม 2565

บทคัดย่อ

ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟฟ้า (Railway Signaling System) เป็นระบบกลไกสัญญาณไฟฟ้าหรือระบบคอมพิวเตอร์ที่มีไว้สำหรับควบคุมการเดินขบวนรถไฟให้มีความปลอดภัย ซึ่งระบบจะทำหน้าที่ควบคุมและกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ และระยะเวลาในการเดินรถของขบวนรถที่อยู่บนทางร่วมเดียวกัน รวมทั้งการสับหลีกบริเวณสถานีรถไฟ โดยการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจะออกแบบให้ทำงานสัมพันธ์กัน เพื่อให้พนักงานขับรถสามารถตัดสินใจเดินรถได้อย่างมั่นใจ และไม่ให้เกิดความสับสนระบบอาณัติสัญญาณแบบแรก ๆ ที่นำมาใช้ในการจัดการการเดินรถ คือ ระบบตราทางสะดวก (Token Railway Signaling) ตราเสมือนเป็นใบอนุญาตให้ใช้ทางซึ่งแบ่งเป็นตอน ๆ จากนั้นระบบตราทางสะดวกมีการพัฒนาเป็นระบบตอนอัตโนมัติ และระบบวงจรราง (Track circuit) เป็นวงจรไฟฟ้าสำหรับตรวจสอบความเคลื่อนไหวของขบวนรถ และพัฒนาต่อเป็นระบบอาณัติสัญญาณแบบ Fixed Block ปัจจุบัน ระบบอาณัติสัญญาณแบบ CBTC (Communication Based Train Control System) หรือ Moving Block เป็นระบบสัญญาณที่ทันสมัยที่สุด เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารแบบไร้สายมาใช้กับระบบการเดินรถ เพื่อประสิทธิภาพทางด้านการควบคุม ติดตาม และการจัดการที่ยืดหยุ่นและสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์

คำสำคัญ : ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟฟ้า, ระบบตราทางสะดวก, ระบบตอนอัตโนมัติ

Abstract

Railway Signaling System is a signaling mechanism or computer system that is used to control trains to be safe. The system will control and determine the direction of movement and the operating time of the trains on the same rail including shuffling around the train station by the operation of various devices. The system is designed to work in relation to each other so that the driver can make a confident decision to operate the train and not cause confusion The first signaling system used in the management of trains is the Token Railway Signaling system, a badge as a license to use the rail which is divided into sections. Then the convenient sign system was developed into an automated system. And the Track circuit is an electric circuit for monitoring the movement of the train and further developed as a Fixed Block signaling system. Currently, the CBTC (Communication Based Train Control System) or Moving Block signaling system is the most advanced signaling system. It is the application of wireless communication technology to the bus system. For efficient control, tracking and flexible management can be adjusted according to the situation.

Keywords: Railway Signaling System, Token Railway Signaling, Track circuit, Fixed Block, Communication Based Train Control System, Moving Block

บทนำ

ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟฟ้า (Railway Signaling System) เป็นระบบกลไกสัญญาณไฟหรือระบบคอมพิวเตอร์ที่มีไว้สำหรับควบคุมการเดินขบวนรถไฟให้มีความปลอดภัย และแจ้งพนักงานขับทราบสภาพเส้นทางข้างหน้า และตัดสินใจที่จะหยุดรถ ชลอความเร็ว หรือบังคับทิศทาง ให้การเดินรถไฟดำเนินไปอย่างปลอดภัย รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในการเดินรถไฟสวนกันในเส้นทางเดียว หรือการสับหลีกเพื่อให้รถไฟสวนทางกันบริเวณสถานีรถไฟ หรือควบคุมรถไฟให้การเดินขบวนเป็นไปตามที่กำหนดไว้กรณีใช้ระบบอาณัติสัญญาณแบบคอมพิวเตอร์ (รูปที่ 1)

ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟฟ้า

ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟฟ้าจะควบคุมและกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ และระยะเวลาในการเดินรถไฟของขบวนรถไฟที่อยู่บนทางร่วมเดียวกัน รวมทั้งการสับหลีกบริเวณสถานีรถไฟ โดยการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจะออกแบบให้ทำงานสัมพันธ์กัน เพื่อให้พนักงานขับรถไฟสามารถตัดสินใจเดินรถไฟได้อย่างมั่นใจ และไม่ให้เกิดความสับสน มีดังนี้

1. ระบบตราทางสะดวก (Token Railway Signaling)

ระบบตราทางสะดวก (Token Railway Signaling) เป็นระบบอาณัติสัญญาณแบบแรก ๆ ที่นำมาใช้ในการจัดการการเดินรถไฟโดยการแบ่งทางออกเป็นตอนระหว่างสถานีที่อยู่ข้างเคียงกัน เมื่อมีขบวนรถไฟจะขอเข้ามาในตอน สถานีต้นทางจะใช้เครื่องตราทางสะดวก เพื่อออกตราทางสะดวกให้ขบวนรถไฟ เมื่อขบวนรถไฟได้รับตราจึงจะสามารถวิ่งเข้าไปในตอนได้ เสมือนตรานี้เป็นใบอนุญาตให้ใช้ทาง ตราทางสะดวกที่ได้นี้จะไม่สามารถออกใหม่ได้ถ้าขบวนรถไฟยังไม่ได้ส่งคืนตราให้สถานีถัดไป ดังนั้นตราทางสะดวกจึงเป็นหลักประกันว่าไม่มีขบวนรถไฟใดอยู่ในระหว่างทางสถานีมากกว่าหนึ่งขบวนเนื่องจากการใช้ระบบตราทางสะดวก พนักงานขับต้องเบารถไฟลงบ้างเพื่อให้สามารถรับตราทางสะดวกผ่านห่วงหนังที่พนักงานสัญญาณยื่นให้หรือแขวนไว้กับเสาซึ่งมีความลำบากและใช้เวลาค่อนข้างมาก อีกทั้งยังสูญเสียทางวิ่งโดยเปล่าประโยชน์ (รูปที่ 2)

2. ระบบตอนอัตโนมัติ และระบบวงจรราง (Track circuit)

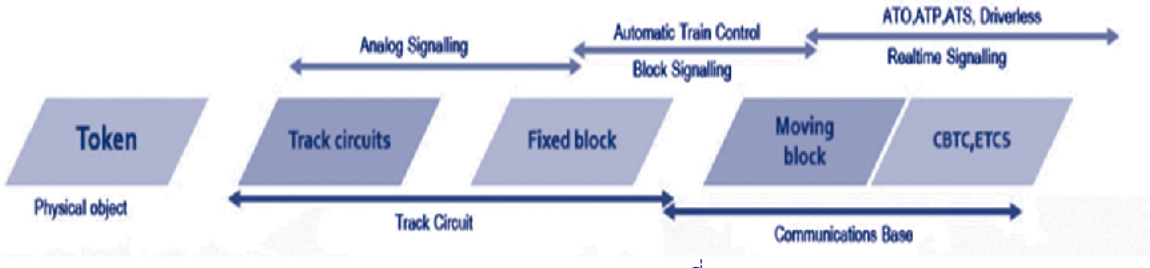
ระบบตอนอัตโนมัติ และระบบวงจรราง (Track circuit) เป็นวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายสำหรับตรวจสอบความเคลื่อนไหวของขบวนรถไฟ วงจรแบบแรกอาศัยการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าที่รางทั้งสองข้างของรางรถไฟ ในเวลาต่อมามีการพัฒนาวงจรไฟฟ้าสำหรับรางรถไฟแบบเชื่อมยาว โดยอาศัยคลื่นวิทยุเป็นตัวจับความเคลื่อนไหว ระบบวงจรไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ในระบบติดตามความเคลื่อนไหวขบวนรถ (รูปที่ 3)

3. ระบบอาณัติสัญญาณแบบ Fixed Block

ระบบอาณัติสัญญาณแบบ Fixed Block โดยหลักการพื้นฐานจะคล้ายกับระบบตอนอัตโนมัติ แต่ระยะของตอนจะมีระยะทางที่สั้นลง เพื่อให้สามารถรับขบวนรถไฟได้มากยิ่งขึ้น นิยมใช้กับระบบรถไฟฟ้าในเมืองและรถไฟใต้ดิน ระบบ Track Circuit จะทำหน้าที่ในการระบุสถานะการใช้ทางตอนว่าอยู่ในสถานะใด เช่น เมื่อขบวน CA1 อยู่ในตอน 2-3 ตอนจะมีสถานะถูกครอบครอง (Occupied) ตอน 4 จะยังคงมีสถานะถูกครอบครอง(Occupied) และมีเงื่อนไขว่าเมื่อขบวน CA2 เข้ามาในตอน 4 จะต้องหยุดเพื่อความปลอดภัย และตอน 5 จะมีสถานะเป็นตอนกันชน (Buffer) โดยมีเงื่อนไขว่าเมื่อขบวน CA2 เข้ามาในตอน 5 จะต้องลดความเร็วลง ดังแผนภาพที่ 4

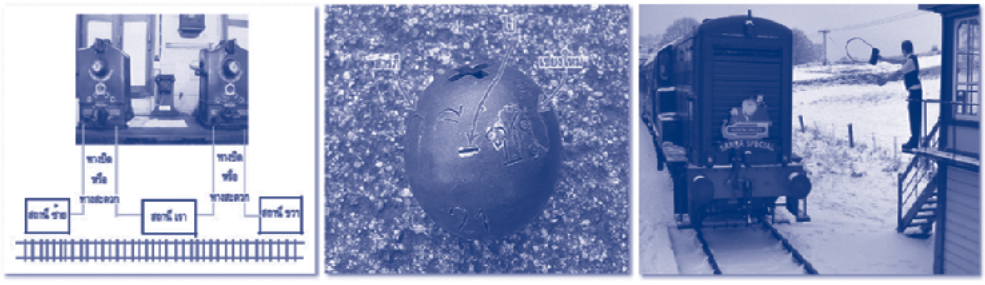
ระบบอาณัติสัญญาณแบบ Fixed Block เป็นระบบอาณัติสัญญาณที่แต่เดิมถูกใช้ในระบบรถไฟฟ้า BTS โดยระบบเป็นของแบนด์ Siemens รุ่น LBZ 700M ระบบอาณัติสัญญาณนี้มีความสามารถรองรับการควบคุมขบวนรถไฟแบบอัตโนมัติแบบ ATO (Automatic Train Operation) และระบบความปลอดภัยอัตโนมัติแบบ ATP (Automatic Train Protection) จากแผนภาพที่ 4 ระบบอาณัติสัญญาณแบบ Fixed Block ขบวนรถไฟจะใช้พื้นที่ตอนค่อนข้าง

รูปที่ 1 : ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟฟ้า (Railway Signaling System)



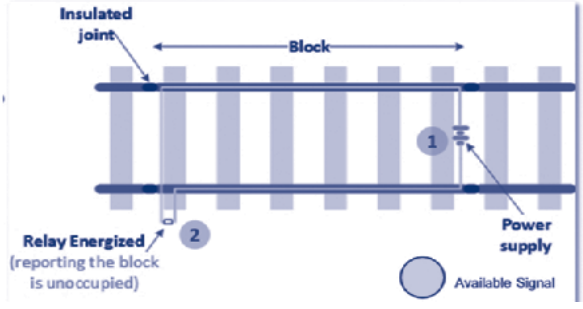
ที่มา : General Instrument Co., Ltd, 2021.

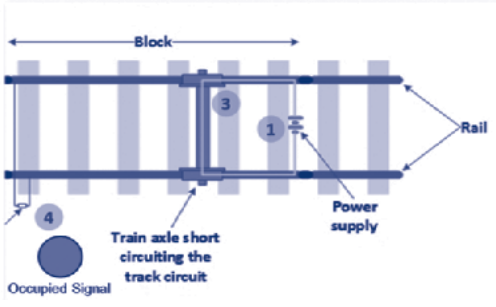
รูปที่ 2 : ระบบตราทางสะดวก (Token Railway Signaling)



ที่มา : General Instrument Co., Ltd, 2021.

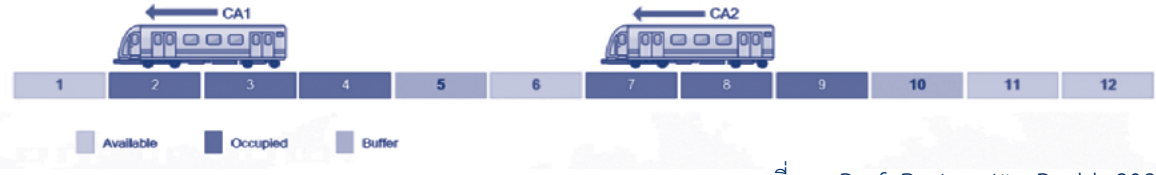
รูปที่ 3 : ระบบตอนอัตโนมัติ และระบบวงจรราง (Track circuit)





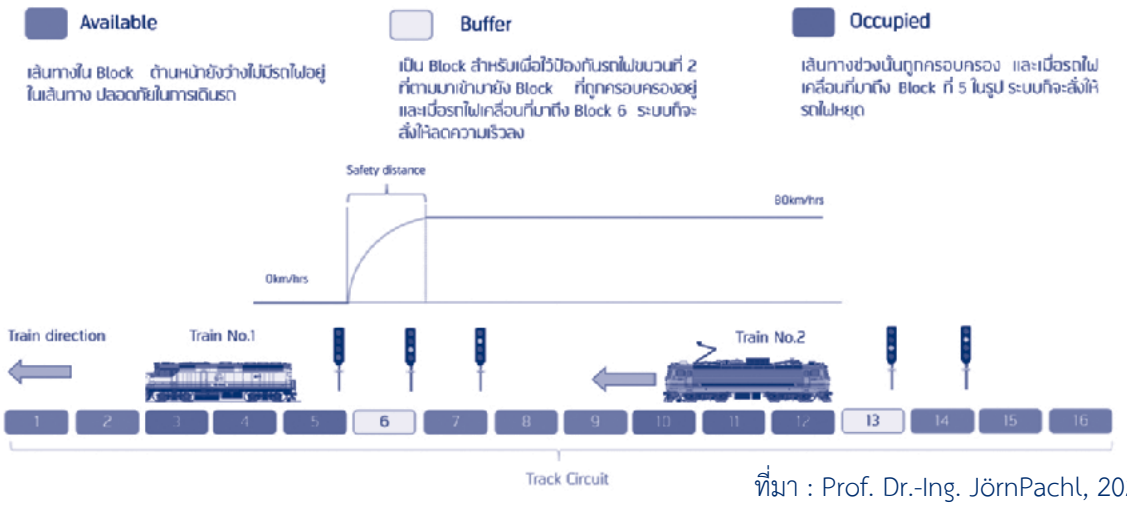
ที่มา : Railsystem.net. online, 2022

รูปที่ 3 : ระบบอาณัติสัญญาณแบบ Fixed Block



ที่มา : Prof. Dr.-Ing. JörnPachl, 2021

รูปที่ 5 : อธิบายรายละเอียดระบบการทำงานของระบบอาณัติสัญญาณแบบ Fixed block



ที่มา : Prof. Dr.-Ing. JörnPachl, 2021

มากเพื่อความปลอดภัย ทำให้การเพิ่มขบวนรถเข้าไปในระบบหรือเพิ่มความถี่การเดินรถเพื่อรองรับผู้โดยสารในชั่วโมงเร่งด่วนทำได้ยาก รวมทั้งการปรับเปลี่ยนส่วนอื่น ๆ ของระบบ

ระบบอาณัติสัญญาณแบบ Fixed block สัญญาณนั้น ๆ อยู่กับที่ ซึ่งแต่ละ Block จากแผนภาพที่ 5 จะสามารถแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1. Available คือ เส้นทางใน Block เขียวด้านหน้ายังว่างไม่มีรถไฟอยู่ในเส้นทาง ปลอดภัยในการเดินรถ เปรียบได้กับถนนโล่ง ๆ บนทางด่วนวันหยุดขับรถได้เต็มความเร็วของเรา ในรูปให้ความเร็วรถไฟอยู่ที่ 80 กม/ชม.

2. Buffer คือ Block เหลืองสำหรับเผื่อไว้ป้องกันรถไฟขบวนที่ 2 ที่ตามมาเข้ามายัง Block ที่ถูกครอบครองอยู่และเมื่อรถไฟเคลื่อนที่มาถึง Block 6 ระบบก็จะสั่งให้ลดความเร็วลงเปรียบได้กับ ขับรถไฟมาสังเกตเห็นป้ายด่านทางด่วนอีก 1 กม. เราก็จะค่อย ๆ ลดความเร็วลง

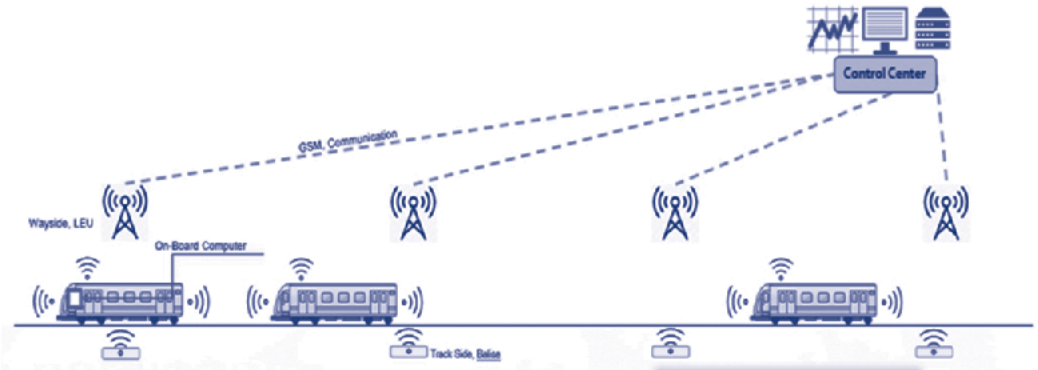
3. Occupied คือ เส้นทางช่วงนั้นถูกครอบครองและเมื่อรถไฟเคลื่อนที่มาถึง Block ที่ 5 ในรูป ระบบก็จะสั่งให้รถไฟหยุดเพื่อป้องกันการชนท้ายจากขบวนรถไฟที่ตามมา

4. ระบบอาณัติสัญญาณแบบ CBTC (Communication Based Train Control System)

ระบบอาณัติสัญญาณแบบ CBTC (Communication Based Train Control System) หรือ Moving Block เป็นระบบสัญญาณที่ทันสมัยที่สุดในปัจจุบัน เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารแบบไร้สายมาใช้กับระบบการเดินรถ เพื่อประสิทธิภาพทางด้านการควบคุมติดตาม และการจัดการที่ยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์

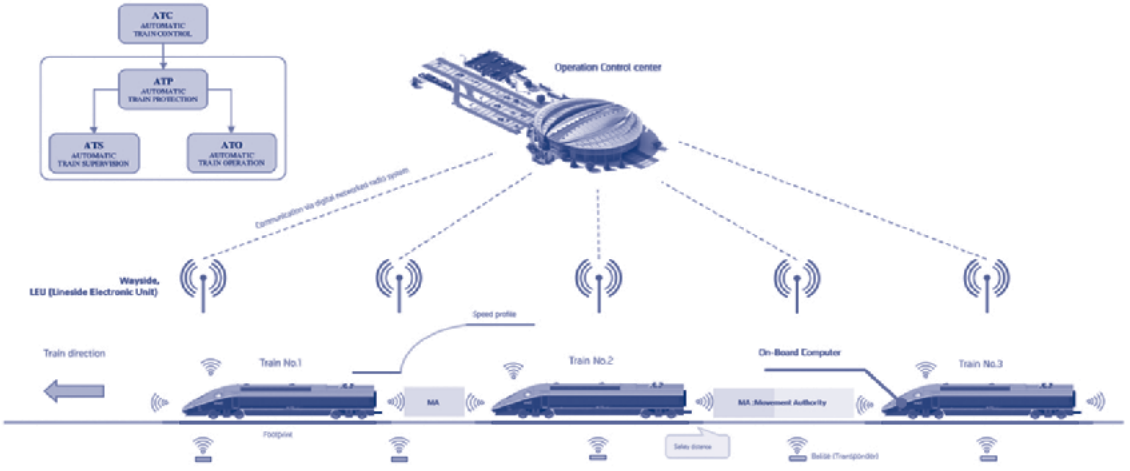
หลักการทำงานของระบบ CBTC จะมีความคล้ายคลึงกับระบบ Fixed block ในระบบ CBTC ขบวนรถไฟแต่ละขบวนจะมีอุปกรณ์รับส่งสัญญาณไร้สายเพื่อติดต่อกับขบวนรถไฟอื่น ๆ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล ทำให้ระบบสามารถปรับเปลี่ยนขนาดของ Block ได้ตลอดเวลา ทำให้ระยะห่างระหว่างขบวนแคบลง โดยยังคงมีความปลอดภัย ทำให้สามารถเพิ่มความถี่ของขบวนรถไฟได้เมื่อต้องการ ระบบนี้จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า ระบบ Moving Block หรือตอนเคลื่อนที่ นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ Track Side หรือ Balise ที่ติดตั้งอยู่บนราง ทำหน้าที่ส่งข้อมูลและคำสั่งให้กับคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในขบวนรถไฟ (on-board Computer) เมื่อขบวนรถไฟเคลื่อนที่ผ่าน เช่น ตำแหน่ง ความเร็ว เป้าหมาย รัศมีโค้ง ตำแหน่งหยุด และอื่น ๆ ที่แตกต่างกันไปในแต่ละจุด คอมพิวเตอร์ในขบวนรถไฟจะส่งข้อมูลสถานะของขบวนให้กับ Wayside หรือ LEU เพื่อส่งต่อให้กับศูนย์ควบคุมกลาง พร้อมๆ กับรับคำสั่งต่าง ๆ จากศูนย์ควบคุมกลางเพื่อส่งต่อให้ขบวนรถไฟภายในศูนย์ควบคุมจะมีระบบ ATO, ATP, ATS คอยประมวลผลอย่างรอบด้านและด้วยระบบอาณัติสัญญาณแบบ CBTC ทำงานร่วมกับระบบบริหารจัดการที่มีความสามารถและความเร็วสูง จึง

รูปที่ 6 : ระบบอาณัติสัญญาณแบบ CBTC (Communication Based Train Control System)



ที่มา : General Instrument Co., Ltd, 2021

รูปที่ 7: ระบบอาณัติสัญญาณแบบ Moving Block



ที่มา : Wikipedia, online, 2022.

ไม่จำเป็นต้องมีพนักงานขับ ลดความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ และระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด

Moving ก็คือการตรวจจับตำแหน่งของรถไฟตัวรถไฟจะเป็น Block เคลื่อนที่ไปตลอดทางและส่งตำแหน่งด้วยตัวรถไฟแบบ Realtime ไปยังศูนย์ควบคุมการเดินรถ (OCC) ทำให้ทราบตำแหน่งที่แน่นอนของรถไฟและ Movementauthority ระหว่างรถไฟคันแรกและคันที่ตามมามีระยะใกล้กันได้มากขึ้นซึ่งจะเห็นได้ว่าระยะตำแหน่ง (footprint) เป็นแค่ระยะตัวรถไฟส่งผลให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยยิ่งขึ้นในการจัดการเดินรถไฟเช่นเราสามารถเพิ่มรถไฟลงไปให้บริการได้มากขึ้นในชั่วโมงเร่งด่วนลด Headway* สั้นลงซึ่งถ้ากลับไปอ่านที่ FixedBlock นั้น ก็จะมีระยะที่ต้องห่างกันมากพอสมควร

โครงการที่ใช้ระบบ CBTC ของ Bombardier มีดังนี้

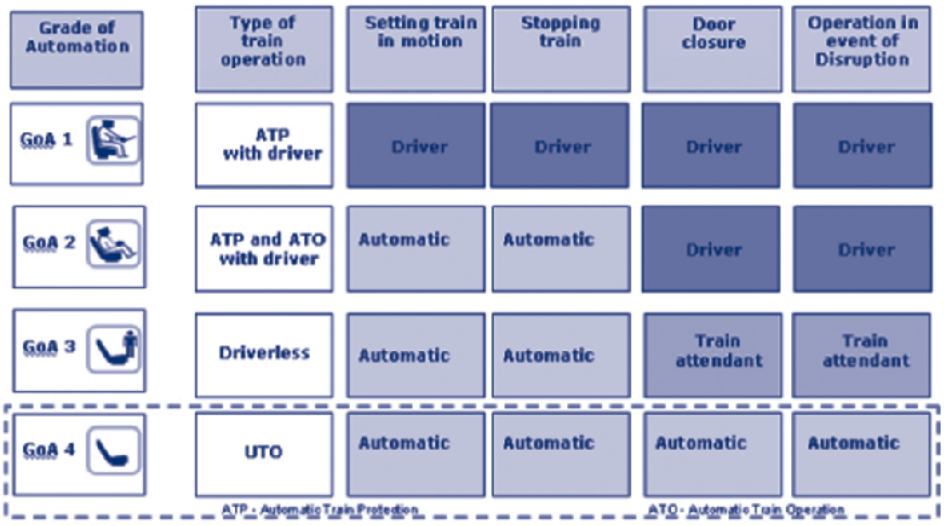
Cityflo450: ใช้ในรถไฟฟ้าบีทีเอส

Cityflo650: ใช้ในรถไฟฟ้ามหานครสายฉลองรัชธรรม (สายสีม่วง) รถไฟฟ้าสายสีชมพูรถไฟฟ้าสายสีเหลืองและรถไฟฟ้าสายสีทอง

nnovia 300: ใช้ในรถไฟฟ้าสายสีชมพูและรถไฟฟ้าสายสีเหลือง

Innovia APM 300:ใช้ในรถไฟฟ้าสายสีทอง

รูปที่ 8: ระบบควบคุมรถไฟฟ้าอัตโนมัติ (Metro Automation)



ที่มา : Railsystem.net. online, 2022

5. ระบบควบคุมรถไฟฟ้าอัตโนมัติ (Metro Automation)

ระบบควบคุมรถไฟฟ้าอัตโนมัติ (Metro Automation) เป็นส่วนหนึ่งของระบบอาณัติสัญญาณสมัยใหม่ ซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของขบวนรถไฟฟ้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ภายใต้มาตรฐานด้านความปลอดภัยสูงสุดที่มีต่อผู้โดยสาร โดยมีแนวคิดว่า ระบบสามารถรับรองความปลอดภัยในการให้บริการได้ดีกว่าคนขับภายใต้สถานการณ์ปกติ และช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดจากคนขับได้อีกด้วย ทั้งนี้ระบบควบคุมรถไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ยังสามารถแบ่งระดับของระบบอัตโนมัติ (Grade of Automation: GoA) ออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่

GoA 0 หรือ การเดินรถโดยปราศระบบควบคุม การเดินรถในรูปแบบนี้ ความรับผิดชอบในการควบคุมการเดินรถจะตกอยู่ที่คนขับ ซึ่งคนขับมีหน้าที่ในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าให้ไปตามแนวเส้นทาง และควบคุมความเร็วด้วยตนเอง

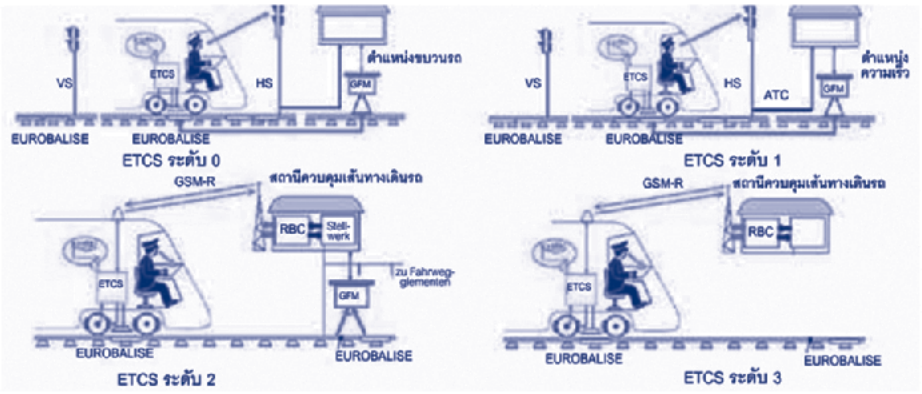
GoA 1 หรือ การเดินรถโดยมีระบบป้องกัน การเดินรถในรูปแบบนี้ คนขับจะมีหน้าที่ในการควบคุมความเร็วด้วยตนเอง ภายใต้ความเร็วที่ระบบอนุญาตให้ขับเคลื่อน มีหน้าที่จอดให้ตรงสถานีและเปิด-ปิดประตูตามที่ระบบอนุญาต รวมไปถึงหากเกิดเหตุขัดข้องในระบบ คนขับมีหน้าที่ในการปฏิบัติการด้วย

GoA 2 หรือ การเดินรถอัตโนมัติแบบมีคนขับ การเดินรถไฟในรูปแบบนี้ หน้าที่ในการขับเคลื่อนขบวนรถไฟและการจอดในสถานี อยู่ภายใต้การรับผิดชอบของระบบควบคุมการเดินรถอัตโนมัติ ยกเว้น การปิดประตู และการปฏิบัติต่อเหตุขัดข้อง ยังคงเป็นความรับผิดชอบของคนขับ โดยระบบนี้มีการใช้งานในบ้านเรา ทั้ง BTS และ MRT

GoA 3 หรือ การเดินรถอัตโนมัติแบบมีผู้ดูแลขบวนรถ การเดินรถไฟในรูปแบบนี้ เรียกได้ว่าเป็น ระบบควบคุมการเดินรถไฟฟ้าอัตโนมัติแบบไร้คนขับชนิดหนึ่ง ระบบควบคุมการเดินรถอัตโนมัติมีหน้าที่ในการขับเคลื่อนขบวนรถไฟ และการจอดในสถานี คล้ายคลึงกับ รูปแบบ GoA 2 ซึ่งแตกต่างที่ การปิดประตู และการปฏิบัติต่อเหตุขัดข้อง เป็นความรับผิดชอบของผู้ดูแลขบวนรถ ซึ่งรถไฟฟ้าที่ให้บริการในรูปแบบนี้ จะไม่มีห้องคนขับ

GoA 4 หรือ การเดินรถอัตโนมัติแบบเต็มรูปแบบ การเดินรถในรูปแบบนี้ เป็นระบบควบคุมการเดินรถแบบเต็มรูปแบบ ปราศจากคนขับและผู้ดูแลบนขบวนรถ ระบบมีหน้าที่รับผิดชอบทั้งการขับเคลื่อนขบวนรถ จอดที่สถานี เปิด-ปิดประตู รวมไปถึงในสถานการณ์ที่มีเหตุขัดข้องด้วย ซึ่งปัจจุบันมีหลายประเทศที่นำระบบนี้เข้ามาใช้แล้ว เช่น อังกฤษ สเปน สิงคโปร์ ฮ่องกง เป็นต้น

รูปที่ 9 : ระบบควบคุมการเดินรถของยุโรป (European Train Control System: ETCS)



ที่มา :Railsystem.net. online, 2022

ระบบควบคุมการเดินรถของยุโรป (European Train Control System: ETCS)

ระบบควบคุมการเดินรถของยุโรป (European Train Control System: ETCS)เป็นฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ซึ่งถูกออกแบบพัฒนาและดำเนินการเพื่อที่จะทำให้หลักการของ ERTMS กลายมาเป็นระบบปฏิบัติการเดินรถเทคโนโลยีของ ETCS มีระดับต่างกันซึ่งทำให้เกิดการทำงานร่วมกันในลักษณะต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อความจุและสมรรถภาพของเส้นทางเดินรถไฟโดยแบ่งเป็น 4 Level ได้แก่ Level 0 1 2 และ 3ETCS) สามารถแบ่งออกตาม ระดับของเทคโนโลยีที่ใช้ และระดับการปฏิบัติการได้ 4 ระดับ ดังนี้

1. ระบบควบคุมการเดินรถของยุโรป ETCS ระดับที่ 0

เป็นระบบที่อาศัยการส่งสัญญาณจากบนขบวนรถลงสู่ Eurobalise (ยูโรบาลีส) ที่อยู่ติดกับรางเดินรถไฟด้านล่าง จากนั้นรอการตอบสนองสัญญาณที่จะแสดงในรูปของ รหัสต่าง ๆ เช่น ตำแหน่งของขบวนรถไฟ กลับมาแสดงยังแผงควบคุมในห้อง พนักงานขับ เพื่อทำการควบคุมอีกครั้ง ตำแหน่งของขบวนรถไฟปัจจุบันจะถูกส่งกลับไปยังสถานีควบคุมเส้นทางเดินรถ เพื่อให้ทราบว่าขบวนรถไฟอยู่ในตำแหน่งใด และสถานีควบคุมเส้นทางจะส่งคำสั่งกลับไปยังกล่องควบคุมสัญญาณ (signaling box) เพื่ออนุญาตการใช้เส้นทางต่อไป

2. ระบบควบคุมการเดินรถของยุโรป ETCS ระดับที่ 1

จะเหมือนกับระดับที่ 0 แต่ระบบนี้จะมีการใส่คำสั่งการควบคุมความเร็วและการหยุดขบวนรถแบบอัตโนมัติเพิ่มเติมไปด้วย โดยพนักงานขับจะต้องปฏิบัติตามทุกประการ หากมีการขับรถด้วยความเร็วสูงเกินกำหนด หรือฝ่าฝืนสัญญาณอื่น ๆ ระบบจะทำการเบรกให้ขบวนรถลดความเร็วลง หรือ สั่งให้หยุดโดยอัตโนมัติทันที

3. ระบบควบคุมการเดินรถของยุโรป ETCS ระดับที่ 2

ระบบนี้ได้ประยุกต์ใช้การสื่อสารแบบไร้สายผ่านสัญญาณ GSM โดยจะสามารถระบุตำแหน่ง ทิศทางการเคลื่อนที่ ความเร็วของขบวนรถ จาก Eurobalise 2 ตัว ที่ติดอยู่กับราง ระบบสัญญาณ ETCS นี้ จะทำงานร่วมกับระบบควบคุมความเร็วและหยุดขบวนรถโดยอัตโนมัติ และสื่อสารกับสถานีควบคุมเส้นทางเดินรถโดยใช้สัญญาณ GSM ตลอดเวลา จากนั้น คอมพิวเตอร์ที่สถานีควบคุมเส้นทางเดินรถจะอนุญาตให้ขบวนรถเคลื่อนที่ ด้วยความเร็วต่าง ๆ ตามที่กำหนดเพื่อความปลอดภัย

4. ระบบควบคุมการเดินรถของยุโรป ETCS ระดับที่ 3

เป็นระบบที่ใช้การสื่อสารทางวิทยุ GSM เหมือนกับระดับที่ 2 แต่จะใช้วิธีการตรวจสอบตำแหน่งของขบวนรถไฟออกเป็นช่วง ๆ แล้วส่งข้อมูลไปยังสถานีควบคุมเส้นทางเดินรถ เพื่อจะได้ทราบตำแหน่งที่ขบวนรถไฟที่เพิ่งผ่านไป และจะอนุญาตให้ขบวนรถไฟที่ตามมาสามารถใช้ได้ทางอย่างปลอดภัย เมื่อขบวนรถไฟเคลื่อนที่ผ่านไปแล้วข้อมูลจะถูกลบออกและเริ่มกำหนดค่าใหม่

ตารางที่ 1 : สรุประบบควบคุมการเดินรถไฟของไทย

Index	Owner	Signaling system	Remark
1	Railway (S.R.T)	Fixed Block	
2	Airport Rail Link (ARL SRTET)	CBTC	Beginning Siemens LZB 700M
3	MRT Blue Line	CBTC	Trainguard LZB700M Fixed Block ,ATO ,ATP ,ATS
4	MRT Purple Line	CBTC	Bombardier CityFlo 650
5	MRT Yellow Line Monorail	CBTC	Bombardier CityFlo 650
6	MRT Pink Line Monorail	CBTC	Bombardier CityFlo 650
7	Red Line Mass Transit System (S.R.T)	ETCS	ETCS Level 1
8	Bangkok Mass Transit System (BTS)	CBTC	Bombardier Cityflo 450
9	High Speed Rail : HSR (S.R.T)	GSM-R	

ETCS : European Train Control System
CBTC : Communication Based Train Control [Moving Block]

ระบบควบคุมการเดินรถไฟของไทย

ระบบควบคุมการเดินรถไฟของไทย ประกอบด้วยระบบ Fixed Blocked ซึ่งเป็นระบบที่การรถไฟแห่งประเทศไทยใช้งานในการเดินรถไฟ ระบบ CBTC ซึ่งใช้อยู่ในระบบรถไฟฟ้าสายสีต่าง ๆ ระบบ ETCS ใช้ในระบบรถไฟฟ้าสายสีแดง และระบบ GSM-R ใช้ในระบบ High Speed Rail ของการรถไฟแห่งประเทศไทย ซึ่งสามารถสรุประบบควบคุมการเดินรถไฟของไทย ดังตารางที่ 1

สรุป

ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟฟ้า (Railway Signaling System) เป็นระบบกลไกสัญญาณไฟหรือระบบคอมพิวเตอร์ที่มีไว้สำหรับควบคุมการเดินขบวนรถไฟให้มีความปลอดภัย ซึ่งระบบจะทำหน้าที่ควบคุมและกำหนดทิศางการเคลื่อนที่และระยะเวลาในการเดินรถของขบวนรถที่อยู่บนทางร่วมเดียวกัน รวมทั้งการสับหลีกบริเวณสถานีรถไฟ โดยการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจะออกแบบให้ทำงานสัมพันธ์กัน เพื่อให้พนักงานขับสามารถตัดสินใจเดินรถได้อย่างมั่นใจ และไม่ให้เกิดความสับสน ระบบอาณัติสัญญาณแบบแรก ๆ ที่นำมาใช้ในการจัดการการเดินรถ คือ ระบบตราทางสะดวก (Token Railway Signaling) ตราเสมือนเป็นใบอนุญาตให้ใช้ทางซึ่งแบ่งเป็นตอน ๆ จากนั้นระบบตราทางสะดวกมีการพัฒนาเป็นระบบตอนอัตโนมัติ และระบบวงจรราง (Track circuit) เป็นวงจรไฟฟ้าสำหรับตรวจสอบความเคลื่อนไหวของขบวนรถ และพัฒนาต่อเป็นระบบอาณัติสัญญาณแบบ Fixed Block ปัจจุบัน ระบบอาณัติสัญญาณแบบ CBTC (Communication Based Train Control System) หรือ Moving Block เป็นระบบสัญญาณที่ทันสมัยที่สุด เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารแบบไร้สายมาใช้กับระบบการเดินรถ เพื่อประสิทธิภาพทางด้านการควบคุม ติดตาม และการจัดการที่ยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์ซึ่งมีระบบควบคุมรถไฟฟ้าอัตโนมัติ (Metro Automation) เป็นส่วนหนึ่งของระบบอาณัติสัญญาณสมัยใหม่ ซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของขบวนรถไฟฟ้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ภายใต้มาตรฐานด้านความปลอดภัยสูงสุดที่มีต่อผู้โดยสาร โดยมีแนวคิดว่า ระบบสามารถรับรองความปลอดภัยในการให้บริการได้ดีกว่าคนขับภายใต้สถานการณ์ปกติ และช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดจากคนขับได้อีกด้วย ทั้งนี้ระบบควบคุมรถไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ยังสามารถแบ่งระดับของระบบอัตโนมัติ (Grade of Automation: GoA) ออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่การเดินรถโดยปราศระบบควบคุม (GoA 0) การเดินรถโดยมีระบบป้องกัน (GoA 1) การเดินรถอัตโนมัติแบบมีคนขับ (GoA 2) การเดินรถอัตโนมัติแบบมีผู้ดูแลขบวนรถ (GoA 3) การเดินรถอัตโนมัติแบบเต็มรูปแบบ (GoA 4)สำหรับประเทศไทยนั้นมีระบบควบคุมการเดินรถไฟ ประกอบด้วยระบบ Fixed Blocked ซึ่งเป็นระบบที่การรถไฟแห่งประเทศไทยใช้งานในการเดินรถไฟ ระบบ CBTC ซึ่งใช้อยู่ในระบบรถไฟฟ้าสายสีต่าง ๆ ระบบ ETCS ใช้ในระบบรถไฟฟ้าสายสีแดง และระบบ GSM-R ใช้ในระบบ High Speed Rail ของการรถไฟแห่งประเทศไทย

บรรณานุกรม

Dek-D.com.(2021).มารู้จักรถไฟฟ้า 5 สายและอีก 1 สายในอนาคต ในกรุงเทพ ปี 2020. สืบค้น 22 มกราคม 2565. จาก https://www.dek-d.com/board/knowledge/3988669/.

General Instrument Co., Ltd, (GIC) .(2021). ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟ". สืบค้น22 มกราคม 2565. จาก https://www.gic.co.th/content/5975/ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟ.

Nippon signal.(2022). NS Product Channal.สืบค้น22 มกราคม 2565. จากhttps://www.signal.co.jp/english/products/cbtc_movie.html.

Pachl, J.(2021). Railway Signalling Principles, Braunschweig, Edition 2.0DOI:10.24355/dbbs.084-202110181429-0.

Railsystem.net.(2022).Balise.สืบค้น22 มกราคม2565. จากhttps://railsystem.net/balise/.

Railsystem.net.(2022).European Rail Traffic Management System.สืบค้น22 มกราคม 2565. จากhttps://railsystem.net/european-rail-traffic-management-system/.

Railsystem.net.(2022).Metro Automation.สืบค้น22 มกราคม2565. จาก https://railsystem.net/metro-automation/.