

ระบบควบคุมการเดินรถไฟทางไกลจากศูนย์กลาง CENTRALIZED RAILWAY TRAFFIC CONTROL SYSTEM

สมหมาย จิตกดี* ** และ กอบชัย เดชหาญ*

Sommai Jitpakdee* ** and Kobchai Dejhan*

* คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ สำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

** การรถไฟแห่งประเทศไทย

* Faculty of Engineering and ReCITT

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

** State Railway of Thailand

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอระบบควบคุมอัตโนมัติสัญญาณทางไกลจากศูนย์กลาง (Centralized Traffic Control System; CTC) โดยนำระบบดังกล่าวมาใช้ควบคุมการเดินรถไฟส่วนกลางของการรถไฟแห่งประเทศไทยซึ่งมีพื้นที่ควบคุมทั้งหมด 26 สถานี เป็นระยะทางทั้งหมด 140 กิโลเมตร มีเครือข่ายเชื่อมโยงด้วยเคเบิลใยแก้วนำแสงเป็นอุปกรณ์ส่งผ่านระบบข้อมูลต่าง ๆ มายังหน่วยประมวลผลแล้วแสดงบนแผงควบคุมบรรยายทางโดยใช้คอมพิวเตอร์ ที่จุดควบคุมศูนย์กลางทำให้ทราบถึงสถานะต่าง ๆ ที่จะนำมาควบคุมการเดินรถไฟให้มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ABSTRACT

This paper presents the details of a centralized traffic control system (CTC), which is currently used in the State Railway of Thailand. The system area covers 26 stations with the distance of 140 km. via the optical network connecting between the stations and the central equipment. The indicating information is shown at mimic panel, for the operator to control the trains more efficiently and with higher flexibility.

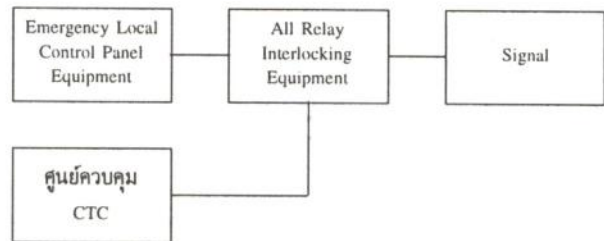
1. บทนำ

ระบบ All Relay Interlocking ที่เดิมติดตั้งใช้งานอยู่ที่การรถไฟแห่งประเทศไทย เป็นระบบเก่า ซึ่งควบคุมการทำงานของระบบอาณัติสัญญาณประจำที่แต่ละสถานีเท่านั้นไม่สามารถติดต่อรับส่งข้อมูลไปยังสถานีอื่นๆ จึงขาดการติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีทำให้การเดินรถไฟล่าช้า การรถไฟฯ จึงได้นำเอาระบบควบคุมการเดินรถไฟทางไกลจากศูนย์กลาง (Centralized Traffic Control System; CTC) ซึ่งเป็นระบบที่รวบรวมการควบคุมระบบอาณัติสัญญาณที่ติดต่อสั่งการแต่ละสถานีมารวมไว้ที่ศูนย์ควบคุมระบบทางไกลที่สถานีชุมทางบางซื่อ [1] โดยมีขอบเขตพื้นที่บังคับควบคุมระบบสัญญาณประจำที่ที่สถานี ตั้งแต่สถานีชุมทางบางซื่อถึงสถานีฉะเชิงเทราและสถานีชุมทางดงใหญ่ ซึ่งแต่เดิมการควบคุมสัญญาณที่สถานีต่าง ๆ นั้น นายสถานีจะเป็นผู้รับผิดชอบควบคุมจากแผงควบคุมติดตั้งที่สถานีนั้น ๆ การรวบรวมการสั่งการทางไกลด้วยเครื่องควบคุมทางไกลนี้ใช้ระบบส่งสัญญาณควบคุมผ่านข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง ซึ่งวางขนานไปกับเส้นทางรถไฟตลอดเส้นทางโดยมีอุปกรณ์ส่งสัญญาณแบบ Pulse Code Modulation (PCM) มีความเร็วส่งสัญญาณในระบบ 2 Mbit/s ควบกับระบบ 8 Mbit/s [2] ตลอดเส้นทางศูนย์ควบคุมระบบอาณัติสัญญาณทางไกลนี้จะมีพนักงานที่ศูนย์ควบคุมประมาณ 4-5 คน ดูแลสั่งการควบคุมระบบตลอดพื้นที่ผ่านข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง จะมีอุปกรณ์ตรวจสอบสถานะรายงานผ่านระบบโทรคมนาคมส่งข้อมูลต่าง ๆ กลับมาแสดงบนแผงควบคุมบรรยายทางควบคุมศูนย์กลาง นอกจากนี้แล้วยังมีระบบโทรคมนาคมอื่น ๆ สำหรับติดต่อประกอบด้วยระบบโทรพิมพ์อัตโนมัติและโทรศัพท์ ระบบดังกล่าวอาศัยช่องสัญญาณผ่านระบบ PCM ของข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงเช่นกัน

2. ทฤษฎีในการออกแบบ

2.1 อุปกรณ์ควบคุมที่สถานี(Emergency

Local Control Equipment) ซึ่งควบคุมระบบอาณัติสัญญาณแบบ All Relay Interlocking เป็นระบบเก่าการทำงานจะมีความสัมพันธ์กันทั้งระบบสามารถแสดงผลบนแผงควบคุมในอุปกรณ์เดียวกันใช้ควบคุมขบวนรถไฟในช่วงของแต่ละสถานีเท่านั้นดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ที่สถานี

ขั้นตอนในการออกแบบวงจรมาควบคุมการเดินรถ

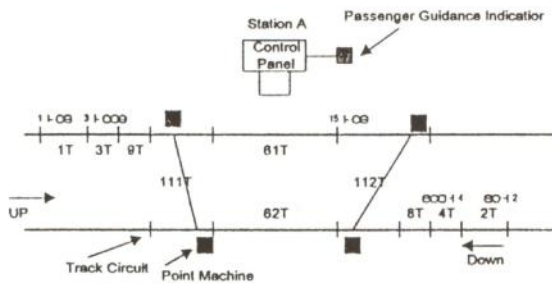
ระบบ All Relay Interlocking มีใช้กันในประเทศแต่ละประเทศมีความแตกต่างกันในเรื่องเส้นทางเดินขบวนรถจะต้องประยุกต์ใช้ร่วมกันระหว่างระบบเก่ากับระบบใหม่ ตามหนังสือข้อบังคับการเดินขบวนรถของการรถไฟฯ มาใช้ออกแบบในการเขียนตารางควบคุม (Control Table) จะต้องทำการสำรวจเขียนแบบแผนย่านทางคู่ตามรูปที่ 2 ทุกส่วนจะต้องสัมพันธ์ซึ่งกันและกันมีความปลอดภัย 100% ในการเดินขบวนรถ ความแตกต่างในการออกแบบจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ เช่น พื้นที่ลาดชัน ทางโค้งและเขตชุมชนมาเขียนตารางควบคุมให้ได้ตามเงื่อนไขเพื่อเอาไปออกแบบวงจรมาควบคุมอุปกรณ์ระบบอาณัติสัญญาณที่สถานี จะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักดังนี้

- สัญญาณประจำที่ประกอบด้วยสีแดง สีเหลือง และสีเขียว เป็นทำสัญญาณในการเคลื่อนที่ของการเดินขบวนรถ

- วงจรไฟตอน (Track Circuit) เป็นส่วนที่แสดงให้เห็นสภาพทางในขณะนั้นมีขบวนรถครอบครองอยู่หรือไม่จากหลอดไฟแสดงบนแผงควบคุม ถ้ามีขบวนรถครอบครองอยู่ จะไม่สามารถเตรียมทางให้

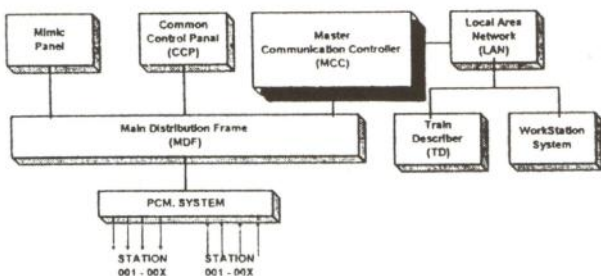
ขบวนรถใด ๆ ผ่านได้

- ประแจกลไฟฟ้า (Point Machine) เป็นอุปกรณ์ที่ขับเคลื่อนสับเปลี่ยนขบวนรถตามข้อกำหนดการออกแบบวงจรควบคุมระบบอาณัติสัญญาณที่สถานีจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ



รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์แผนย่านทางคู่

2.2 อุปกรณ์ควบคุมศูนย์กลาง (Centralized Traffic Control Equipment) ซึ่งเป็นระบบใหม่นำมาเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่สถานีส่งผ่านมาแสดงผลที่ศูนย์กลางมีส่วนประกอบดังแสดงในรูปที่ 3 [1]



รูปที่ 3 แสดงการทำงานระบบควบคุมอุปกรณ์ที่ศูนย์กลาง

2.2.1 Master Communication Controller (MCC) จะเป็นระบบศูนย์กลางในระบบ CTC ทำงานโดยส่งข้อมูลภายในใช้ระบบ Versa Module European Bus จำนวน 2 ชุด เป็นระบบที่รวบรวมการควบคุมระบบอาณัติสัญญาณที่ติดต่อสั่งการแต่ละสถานีมาแสดงผลที่ศูนย์ควบคุมระบบทางไกลที่สถานีชุมทางบางซื่อ ทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้

- ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมทางไกล
- จัดเตรียมข้อมูลเพื่อส่งต่อไปยังอุปกรณ์ที่สถานี

- รับข้อมูลจากอุปกรณ์ที่สถานี เพื่อส่งต่อไปยังอุปกรณ์ศูนย์กลางที่เกี่ยวข้อง

- ติดต่อรับส่งข้อมูลกับ Mimic Panel, Common Control Panel, Train Descriptor และ Workstation

2.2.2 Train Descriptor (TD) จะเป็นตัวกลางเชื่อมต่อระหว่าง Master Communication Controller และ Workstation โดยการติดต่อข้อมูลภายในใช้ Versa Module European Bus ที่เดียวกันกับ Master Communication Controller มีหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้

- รับและแปลงคำสั่งที่ได้รับจากพนักงานควบคุมการเดินรถ
- จัดส่งคำสั่งนั้น ๆ ให้ Master Communication Controller
- บันทึกการเคลื่อนที่ของขบวนรถ
- แสดงการเคลื่อนที่ของขบวนรถบน Workstation
- รายงานการเคลื่อนที่ของขบวนรถต่าง ๆ

2.2.3 Mimic Panel จะเป็นตัวแสดงการเคลื่อนที่ของขบวนรถ ทำของสัญญาณและประแจทุก ๆ สถานีต่อเข้ากับ Master Communication Controller ผ่านระบบชุด Scanner แผง Mimic จะทำหน้าที่รับข้อมูลจาก Master Communication Controller และแสดงผลอย่างเดียวกัน ไม่มีการส่งข้อมูลกลับมายัง Master Communication Controller

2.2.4 Common Control Panel (CCP) จะเป็นตัวควบคุมอีกตัวที่พนักงานควบคุมสามารถใช้งานอย่างอิสระจากจอแสดงผล (VDU Workstation) ทำให้ Common Control Panel จะมีลักษณะการต่อผ่านระบบชุด Scanner เช่นเดียวกับแผง Mimic จะมีการรับส่งข้อมูลระหว่าง Master Communication Controller กับ Common Control Panel

2.2.5 Local Area Network (LAN) จะเป็น

ตัวกลางที่ทำการเชื่อมต่อ Workstation ต่าง ๆ เข้ากับ Train Descriptor และ Master Communication Controller ในระบบ CTC จะเป็นระบบ Token Ring Network

2.2.6 Workstation จะเป็นตัวแสดงผลให้พนักงานควบคุมทราบทางจอแสดงผลและรับข้อมูลจากพนักงานควบคุมเพื่อส่งต่อให้ Train Descriptor และ Master Communication Controller

2.3 ระบบ Pulse Code Modulation (PCM) มีส่วนประกอบรายละเอียดและคุณสมบัติดังนี้

2.3.1 Voice Frequency Interface Unit (VF card) ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงสัญญาณเสียงทางด้านอินพุตให้เป็นสัญญาณ PCM ส่งเข้าภาค Multiplex เลือกการทำงานเป็นแบบ 2 Wire หรือ 4 Wire โดยการโปรแกรมผ่าน Transmission Management Network สัญญาณที่ได้แต่ละช่องจะถูกกำหนดให้อยู่ใน Time slot ขนาด 2 Mbit/s

2.3.2 Data Interface Unit (DIU card) ทำหน้าที่รับสัญญาณดิจิทัล เพื่อจัดเรียงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมกับสัญญาณ 2 Mbit/s สำหรับภาค Multiplex แผ่น Data Interface Unit สามารถรับสัญญาณดิจิทัลใน 1 time slot จะมีความเร็วในการส่ง 64 kbit/s

2.3.3 Multiplex ระดับแรก (DM2 First Order Multiplexer) ทำหน้าที่เป็นตัว Multiplex สัญญาณจากแผ่น Voice Frequency Interface Unit และแผ่น Data Interface Unit เพื่อจัดเรียงให้เป็นสัญญาณที่ความเร็ว 2.048 Mbit/s รับส่งข้อมูลได้ทั้งหมด 30 ช่องสัญญาณ

2.3.4 Multiplex ระดับที่สอง (DM8 Second Order Multiplexer) จะทำหน้าที่เป็นตัว Multiplex สัญญาณ 2.048 Mbit/s จำนวน 4 ช่อง ให้เป็นสัญญาณ 8.448 Mbit/s จำนวน 1 ช่อง เพื่อส่งไปในสายเคเบิลใยแก้ว 1 คู่สาย

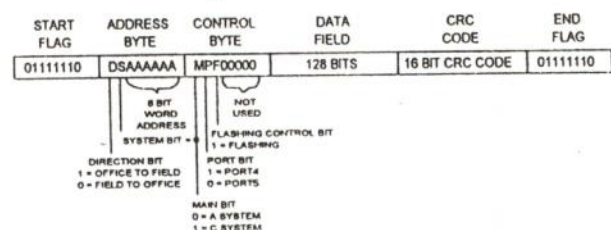
2.3.5 Digital Branching Unit (DB2B) เป็นแผ่นแยกวงจรทำหน้าที่ drop/insert ระหว่างสถานี

2.3.6 Optical Line Equipment (DF2-8) จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิทัลขนาด 2 Mbit/s และ 8 Mbit/s ให้เป็นสัญญาณแสงเพื่อส่งไปในสายเคเบิลใยแก้วนำแสงใช้ความยาวคลื่นเท่ากับ 1300 nm

2.3.7 Transmission Management System (TMS) ทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุมการทำงานของระบบ PCM โดยผ่าน Transmission Management Network

2.4 การรับส่งข้อมูลในระบบ CTC มีส่วนประกอบรายละเอียดและคุณสมบัติดังนี้

การรับส่งข้อมูลระหว่างศูนย์ควบคุมกับสถานีปลายทางจะถูกส่งในรูปแบบ Time Division Multiplex (TDM) ซึ่งข้อมูลแต่ละสถานีจะถูกจัดให้เป็น Block ซึ่งจะมี Address กำกับไว้ว่าเป็นข้อมูลของสถานีนั้น ๆ การส่งจะส่งแบบ Synchronous Data Link Control (SDLC) แต่เดิมถูกออกแบบโดยบริษัท IBM ต่อมาได้นำมาปรับปรุงดัดแปลงให้เหมาะสมกับการใช้งานกับอุปกรณ์และเรียกว่า SDLC / WORD ซึ่งมีรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 4 [1] ส่วนใหญ่ยังคงเหมือนเดิมยกเว้นในส่วนของ Address Byte และ Control Byte ถูกเปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 4 การส่งข้อมูลแบบ SDLC/WORD

ส่วนประกอบและการทำงานของ การส่งข้อมูลแบบ SDLC/WORD มีดังนี้

2.4.1 Start Flag และ End Flag เป็นตัวปิดท้ายของข้อมูล เพื่อแสดงให้ตัวรับข้อมูลจากข้อมูลที่

ส่งมาทันในการประสานจังหวะ (Synchronization)

2.4.2 Address Byte จะประกอบด้วย

- Address ซึ่งจะมีข้อมูลอยู่ 6 บิต ดังนั้นจึงสามารถติดต่อรับส่งข้อมูลได้สูงสุด 64 Addresses
- Direction Bit แสดงว่าเป็นการส่งข้อมูลจากไหนไปไหน ถ้าบิตนี้เป็น "0" จะแสดงว่าข้อมูลถูกส่งจากสถานีปลายทางไปยังศูนย์ควบคุม
- System Bit ไม่ได้ใช้งานสภาวะปกติจะเป็น "0" ตลอดเวลา

2.4.3 Control Byte ประกอบด้วย

- Main Bit จะแสดงว่าในขณะนั้นชุด Scanner Module กำลังส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ Digital Input Module (DIP) และ Digital Output Module (DOP) ผ่าน Bus ชนิดใดโดยแต่ละสถานีมี Scanner Module 1 ชุดคือ A และ C ถ้าบิตเป็น "1" แสดงว่าการติดต่อผ่าน Scanner "C" แต่ถ้าบิตเป็น "0" แสดงว่าการติดต่อผ่าน Scanner "A"
- Port Bit เป็นตัวแสดงการรับส่งข้อมูลจากชุด Scanner Module ไปยังศูนย์ควบคุมผ่านสายชนิดใด ถ้าบิตนี้เป็น "1" แสดงว่าผ่าน Port 4 สำรอง ถ้าบิตนี้เป็น "0" แสดงว่าผ่าน Port 5 หลัก
- Flashing Control Bit เมื่อสถานีต้องการแสดงผลให้ศูนย์ควบคุมทราบสถานะการกระพริบจะต้องทำให้บิตเป็น "1"

2.4.4 Data Field จะเป็นส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลจริง ๆ สามารถเลือกให้มีความจุจาก 32,64,96 และ 128 บิต ในที่นี้ถูกเลือกที่ 128 บิต

2.4.5 Cyclic Redundancy Check (CRC) ก่อนที่จะทำการส่งข้อมูล ตัวส่งจะเอาข้อมูลในส่วนของ Address Byte, Control Byte และ Data Field มาคำนวณโดยวิธี

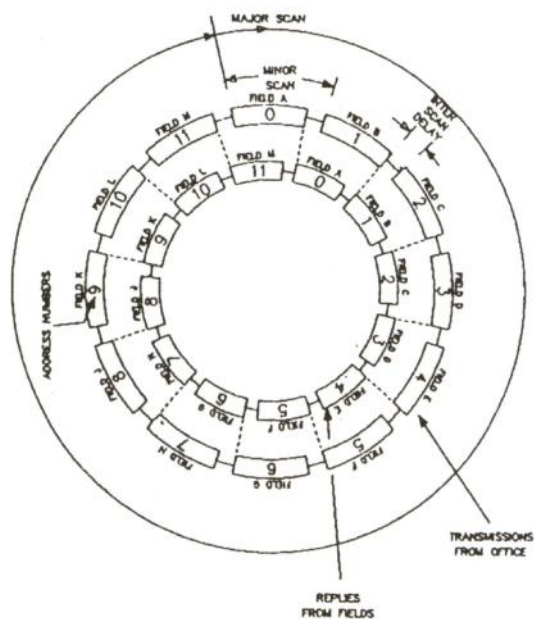
$$\text{CRC-CCIT} = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$$

โดย X = ข้อมูลจาก Address Byte, Control Byte และ Data Field

จะได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลขนาด 16 บิต ส่งไปในส่วนของ CRC Code เมื่อตัวรับได้รับข้อมูลแล้วจะใช้ข้อมูลในส่วนของ Address Byte, Control Byte และ Data Field มาคำนวณด้วยวิธีเดียวกัน ได้ผลลัพธ์เท่าไร นำมาตรวจสอบกับข้อมูล CRC Code ที่ได้รับหากไม่เหมือนกันแสดงว่าการส่งข้อมูลมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น

2.4.6 Zero Insertion จะเป็นการใส่ "0" เข้าไปในข้อมูล SDLC ในกรณีที่มีข้อมูล "1" มากกว่า 5 ตัวเรียงกัน ยกเว้นจะไม่ใส่ในส่วนของ Start และ End Flag เพื่อป้องกันไม่ให้ในส่วนของข้อมูลมีรูปแบบซ้ำกันในส่วนของ Start และ End Flag ซึ่งจะทำให้ตัวรับสับสนได้

การใช้งานของ Protocol ชนิด SDLC จะสามารถทำการคำนวณค่าเวลาในการรับส่งข้อมูลของสัญญาณได้ดังแสดงในรูปที่ 5 [1]



รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนการรับส่งข้อมูล

ในการควบคุมการรับส่งข้อมูลระยะทางไกลจะอธิบายตามรูปที่ 5 โดยแยกเป็น 2 ส่วน ซึ่งเวลาที่ใช้จะเกิดจากค่าพารามิเตอร์ โดยคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Major Scan Time} = \frac{\text{No. of Addresses} \times \text{Minor Scan Time}}{\text{Time}} \quad (1)$$

$$\text{Minor Scan Time} = \text{CD} + \text{ISD} + \{(\text{DWL} + 48 + \text{NZI}) / \text{Baud rate}\} \quad (2)$$

โดย $\text{CD} = \text{Delay for Carrier Switch On}$

$\text{ISD} = \text{Interscan Delay}$

$\text{DWL} = \text{Data Word Length}$

$\text{NZI} = \text{Number of Zeros Inserted}$

$48 = \text{No. of Framing, CRC, Address and Control Bits}$

$\text{NZI} = (\text{Address Byte} + \text{Control Byte} + \text{DWL} + \text{CRC}) / 5$

$\text{CD} = 0 \text{ ms (PCM Channel)}$

$\text{ISD} = 12 \text{ ms}$

$\text{Baud Rate} = 2400$

$\text{Number of Addresses} = 12$

$\text{DWL} = 128$

$\text{NZI} = 32$

คิดจำนวนที่ Zero bit จะได้

$$\text{Minor Scan Time} = 0.0 + 0.012 + \{(128+48+0) / 2400\}$$

$$= 85.33 \text{ ms}$$

$$\text{Major Scan Time} = 12 \times 0.08533$$

$$= 1.024 \text{ secs}$$

คิดจำนวนที่ 32 Zero bits จะได้

$$\text{Minor Scan Time} = 0.0 + 0.012 + \{(128+48+32) / 2400\}$$

$$= 98.7 \text{ ms}$$

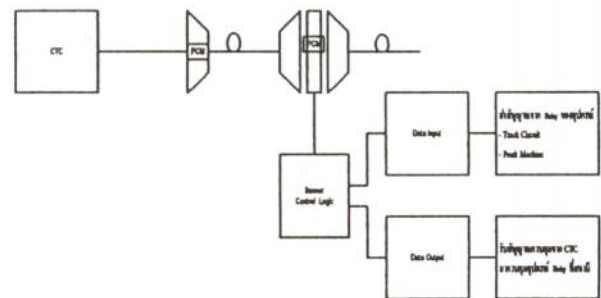
$$\text{Major Scan Time} = 12 \times 0.0987$$

$$= 1.184 \text{ secs}$$

3. การประยุกต์ในการใช้งาน

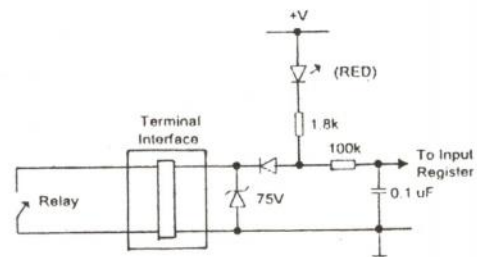
การนำเอาระบบ CTC ซึ่งเป็นระบบใหม่มาติดตั้งเชื่อมต่ออุปกรณ์ใช้งานร่วมกับระบบเก่าที่ควบคุมอุปกรณ์ที่สถานีส่งข้อมูลไปยังจุดควบคุมศูนย์กลางและเป็นระบบที่ทันสมัยที่ใช้กันทั่วโลก ดังนั้นการรถไฟแห่งประเทศไทยได้ทำการวิจัยงานส่วนนี้ถึงความเป็นไปได้

ตลอดถึงการออกแบบวงจรให้ประสมประสานใช้ร่วมกันระหว่างระบบเก่าที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน ทำการแปลงสัญญาณจากอุปกรณ์รีเลย์ที่สถานีส่งผ่านไปยังจุดควบคุมศูนย์กลางมีรายละเอียดดังรูปที่ 6 [2]



รูปที่ 6 แสดงการทำงานของอุปกรณ์แปลงสัญญาณที่สถานี

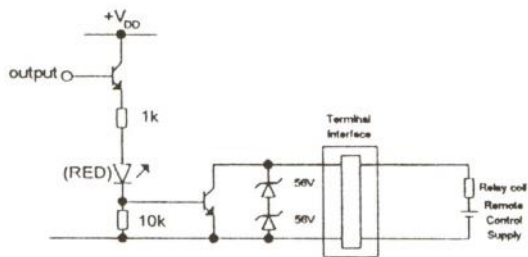
3.1 Scanner Control Logic เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ TDM ค้นหาและรับส่งข้อมูลแบบ SDLC โดยมีข้อจำกัดคือ 64 ตำแหน่งอ้างอิง (Address) โดยตำแหน่งอ้างอิงจะ 128 บิตใช้ความเร็ว 2400 Bit/s และชุด Scanner เป็นตัวรับส่งสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตดังแสดงในรูปที่ 7 [2]



รูปที่ 7 (A) สัญญาณอินพุต

- Data Input เป็นอุปกรณ์ส่งข้อมูลเข้ามายังชุด Scanner เพื่อส่งต่อไปยังจุดควบคุมศูนย์กลางรายงานสถานะของ Relay แต่ละสถานีมาแสดงผลบนแผงควบคุมศูนย์กลางดังแสดงในรูปที่ 7(A)

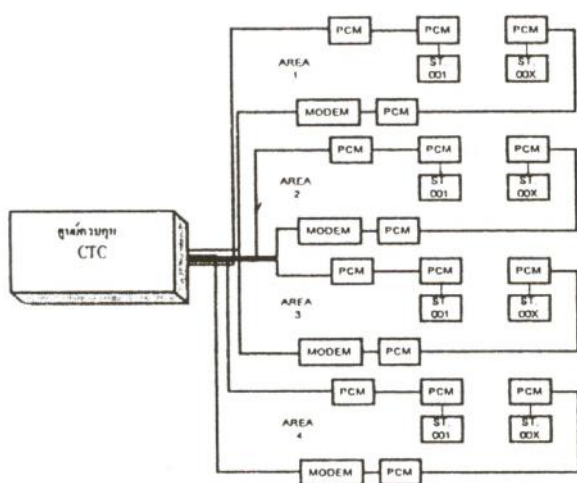
- Data Output เป็นอุปกรณ์รับส่งข้อมูลจากชุด Scanner เพื่อนำไปแสดงผลให้หลอด LED บนแผงควบคุมในสถานีแสดงผลให้พนักงานที่สถานีทราบถึงสถานะการทำงานของวงจรอุปกรณ์ Relay ดังแสดงในรูปที่ 7(B)



รูปที่ 7 (B) สัญญาณเอาต์พุต

ถึงแม้ว่า SDLC สามารถส่งข้อมูลได้มากถึง 64 Addresses แต่ในทางปฏิบัติแล้วหากใช้จำนวน Address มากถึงขนาดนั้น จะทำให้การตอบสนองเข้าการทำงานของอุปกรณ์จะช้า ดังนั้นสถานีต่างๆ ในพื้นที่โครงการจึงถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 8 [2]

- พื้นที่ 1 จากสถานีชุมทางบางซื่อถึงสถานีกรุงเทพ ประกอบด้วย 3 สถานี
- พื้นที่ 2 จากสถานีบางเขนถึงสถานีพระแก้ว ประกอบด้วย 13 สถานี
- พื้นที่ 3 จากสถานีชุมทางบ้านภาชีถึงสถานีฉะเชิงเทรา ประกอบด้วย 8 สถานี
- พื้นที่ 4 จากสถานีบางบัวถึงสถานีคลองเตย ประกอบด้วย 2 สถานี



รูปที่ 8 แสดงการทำงานของอุปกรณ์ตามพื้นที่ 1, 2, 3 และ 4

การทำงานของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลทางไกลผ่านเข้ามายังอุปกรณ์ศูนย์กลาง Master Communication Controller ซึ่งทำการส่งผ่านข้อมูลในระบบ Versa Module European Bus และ Master Communication Controller จะเป็นตัวควบคุมการรับส่งข้อมูลและข้อมูลจะแสดงผลระหว่างศูนย์ควบคุมและสถานี Master Communication Controller จะส่งข้อมูลที่ได้รับจาก Common Control Panel โดยตรงหรือจาก Workstation และ Train Describer และแปลงเป็นข้อมูลในรูปของ Synchronous Data Link Control ส่งผ่าน PCM ไปยังสถานีทุกสถานี จะได้รับข้อมูลคำสั่งพร้อมกันจะทำการตรวจสอบ Address ที่ส่งมาในรูปของ Synchronous Data Link Control ว่าตรงกับ Address ของสถานีนั้นๆ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในส่วน of Cyclic Redundancy Check (CRC) ไปด้วยเมื่อ Address ใน Synchronous Data Link Control ตรงกับ Address ของสถานีนั้นๆ จะรับข้อมูลเหล่านั้นมาประมวลผลและส่งไปควบคุมอุปกรณ์อัตโนมัติสัญญาณในสถานีนั้นๆ ตามคำสั่งที่ได้รับมา ส่วนที่สถานีอื่นๆ ที่มี Address ไม่ตรงกับ Address ใน Synchronous Data Link Control ก็จะไม่มีผลอะไรแต่ในกรณีการส่งข้อมูลแสดงผลจากสถานีนั้นๆ ไปยังศูนย์ควบคุมก็จะมีหลักการเช่นเดียวกัน สถานีจะเป็นตัวสร้าง Synchronous Data Link Control จากข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆ ในสถานีและส่งให้ Master Communication Controller ที่ศูนย์ควบคุมผ่านระบบ PCM จะทำการประมวลผลจากข้อมูลที่ได้รับจากสถานีปลายทางและจะส่งข้อมูลไปยังแผง Mimic, Common Control Panel และ Train Describer เพื่อเปลี่ยนแปลงข้อมูลบนอุปกรณ์เหล่านั้นให้ถูกต้อง สายส่งและรับจะแยกอิสระจากกัน การส่งแบบนี้จะเป็นการส่งข้อมูลในสถานะปกติแต่ถ้าอุปกรณ์ Master Communication Controller ต้องการที่จะส่งข้อมูล

ไปให้อุปกรณ์ใด ๆ ใช้วิธีการแทรก Address จะเกิดขึ้นได้ 2 กรณี

3.2 การส่งข้อมูลให้ Common Control Panel, Mimic Panel และ Train Describer
จะเป็นการส่งที่เรียกว่า Immediate Access Request ในขณะที่ Master Communication Controller กำลังส่งข้อมูลตามปกติอยู่นั้นหากต้องการส่งข้อมูลติดต่อกับอุปกรณ์ Common Control Panel และแผง Mimic ส่วน Train Describer ใน Address หนึ่ง ๆ จะต้องทำการส่ง Address นั้น ๆ แทรกเข้ามาการรับข้อมูลจาก Address นั้น ๆ ก็จะเป็นเช่นเดียวกัน

(Start) (Address) (Control) (Data) (CRC., code) (Stop)

| 01111110 | 10000001 | MPF00000 | 0001000000000001000...(128 Bits) | CRC. 16 Bits | 01111110 |

จะทำให้มีผลกับ Address ที่ 01 Data Output ตำแหน่งบิตที่ 3 และ 15 มีผลทำให้ Relay 3PBR และ 15PBR ที่สถานีปลายทางทำงานโดยเริ่มตรวจสอบระบบ All Relay Interlocking ถ้าเงื่อนไขปลอดภัย ตามตารางควบคุม (Control Table) สามารถอนุญาตได้ก็จะทำให้เสาสัญญาณเป็นท่าอนุญาตติดไฟแสดงสีเขียว (Green) โดย Relay 3GR ที่สถานีปลายทางทำงาน

(Start) (Address) (Control) (Data) (CRC., code) (Stop)

| 01111110 | 00000001 | MPF00000 | 0001000000000000000...(128 Bits) | CRC. 16 Bits | 01111110 |

ตำแหน่งที่ควบคุมศูนย์กลางเข้าใจคือ Address 01 บิตที่ 3 มีค่าคือ 3GR จะนำค่าบิตที่ 3 คือ 1 ไปแสดงผลให้ผู้ควบคุมทราบที่แผงบรรยายทาง

5 ผลสรุป

1. ระบบควบคุมอัตโนมัติสัญญาณทางไกลจากศูนย์กลางเป็นระบบที่ทันสมัยมีใช้กันหลายประเทศทั่วโลกพนักงานที่ควบคุมสามารถเห็นภาพรวมของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในพื้นที่โครงการทั้งหมดเป็นระยะทางประมาณ 140 กิโลเมตร รวม 26 สถานี บนแผงควบคุมบรรยาย

4. ผลการทดสอบระบบ

ผลการทดสอบส่งข้อมูลจากควบคุมศูนย์กลางไปยังสถานีปลายทาง (จากรูปที่ 8) เนื่องจากระบบ CTC สามารถควบคุมได้หลายสถานีโดยการแบ่ง Address ใน SDLC ควบคุม Address ที่ 01 (ตำแหน่งสถานีอ้างอิง Address ที่ 01) ให้ บิต 3 และ 15 ซึ่งเป็น 3PBR และ 15PBR ตามลำดับ (PBR คือ Push button relay) จะได้ SDLC ดังนี้ [1],[2]

การทดสอบตอบรับจากสถานีปลายทางมายังควบคุมศูนย์กลาง (ตำแหน่งสถานีอ้างอิงที่ Address 01) เมื่อเสาสัญญาณที่ 3 ที่สถานีปลายทางเป็นท่าอนุญาตติดไฟแสดงสีเขียว (Green) โดย Relay 3GR ที่สถานี 01 ส่งบิตที่ 3 จากสถานีปลายทางส่งกลับมาควบคุมศูนย์กลางจะได้ SDLC ดังนี้

ทางในเวลาเดียวกันทราบถึงสถานะของขบวนรถ ทำให้เกิดความคล่องตัวและรวดเร็วในการเดินรถกว่าระบบเก่าที่ไม่มีอุปกรณ์ส่วนนี้ โดยมีชุมทางบางซื่อเป็นศูนย์กลาง

2. การติดต่อสื่อสารไม่สลับซับซ้อนเหมือนระบบเก่าเพราะสามารถติดต่อรับส่งข้อมูลผ่านเคเบิลใยแก้วนำแสงระหว่างสถานีกับจุดควบคุมศูนย์กลางได้โดยตรงและจะส่งข้อมูลต่อไปยังขบวนรถที่กำลังวิ่งอยู่ระหว่างทาง

3. ความจุของระยะทางและขบวนรถเพิ่มขึ้นเนื่องจากขบวนรถสามารถวิ่งตามกันเข้าไปในตอน

ระหว่างสถานีกับสถานีมากกว่า 1 ขบวน ทำให้เพิ่มความจุของทาง และมีความคล่องตัวในการจัดหลักขบวนรถมากขึ้น

4. ระบบโทรคมนาคมที่ทันสมัยมีสัญญาณรบกวนต่ำโดยใช้ระบบ PCM

5. ลดจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ตามสถานี เนื่องจากการควบคุมขึ้นอยู่กับศูนย์กลางจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านบุคลากรในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] P.J. Sims, "Centralized Traffic Control System," Westinghouse Brake & Signal Australia, 15 February, 1993.
- [2] D.J. McDwyn, "Centralized Traffic Control System," Westinghouse Brake & Signal Australia, 30 May, 1994.