การควบคุมเชิงเลขสำหรับระบบปรับอากาศ (ตอนที่ 2)

หลักการเบื้องต้นของการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (1)*

ศ.ดร.วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์

ความรู้พื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์เป็นหัวใจของระบบการควบคุมเชิงเลข (DDC) ทุกระบบ ซึ่งไม่จำกัดอยู่เฉพาะเกี่ยวกับระบบปรับอากาศเท่านั้นถึงแม้ว่าในปัจจุบันนี้จะมีรูปแบบของระบบคอมพิวเตอร์สำหรับ DDC หลายรูปแบบ แต่เกือบทุกระบบก็จะมีการใช้งานในลักษณะพื้นฐานเดียวกัน และได้รับการออกแบบให้คล้ายคลึงกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) ทั่วไป

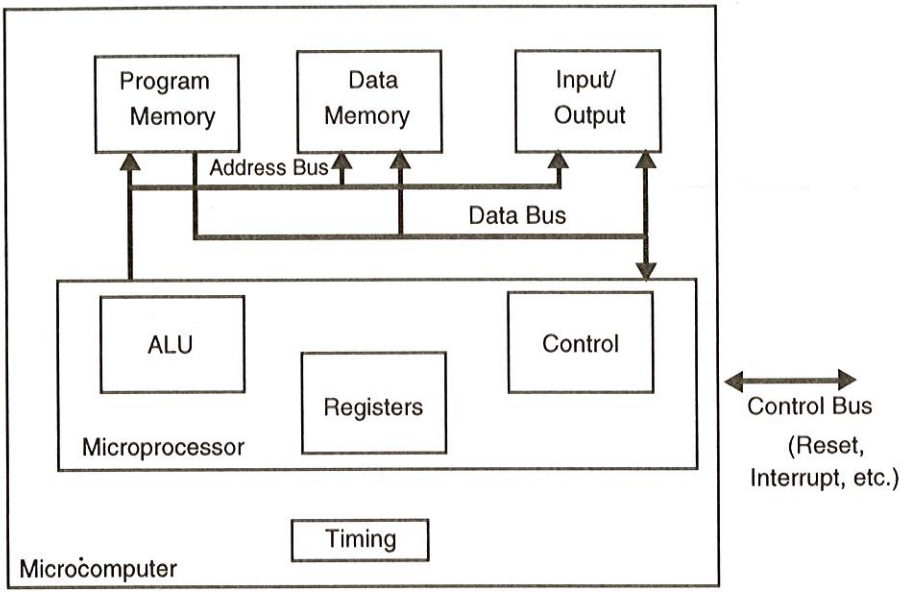
อุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากที่สุดชิ้นหนึ่งในระบบ DDC ก็คือ ตัวควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor Controller) ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญอยู่ 5 ส่วน คือ :

- หน่วยประมวลผลส่วนกลาง (CPU)
- หน่วยความจำโปรแกรมประยุกต์ (Program Memory)
- หน่วยความจำฐานข้อมูล (Data Memory)
- อุปกรณ์เชื่อมโยงการส่งทอดข้อมูลเข้าออก (I/O Interface)
- วงจรสัญญาณนาฬิกา (Clock Circuit)

หน่วยประมวลผลส่วนกลาง หรือ Central Processing Unit คือ ไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์เชิงตรรกะ (Logic Device) ที่ทำหน้าที่ในการคำนวณเชิงคณิตศาสตร์ การคำนวณเชิงตรรกะและควบคุมการปฏิบัติการด้วยไมโครโปรเซสเซอร์จะดำเนินการตามคำสั่งโดยผ่านทางคอมพิวเตอร์โดยปกติไมโครโปรเซสเซอร์เป็นวงจรไฟฟ้าบรรจุอยู่ภายในชิปซิลิคอน (Silicon Chip) ซึ่งมีขนาดเล็กมาก ชิปที่ทำด้วยสารกึ่งตัวนำนี้ ก็คือสมองกลของคอมพิวเตอร์ ภายในชิปหนึ่งตัวจะประกอบด้วยหน่วย ALU (Arithmetic Logic Unit) และหน่วยควบคุม (Control Unit) รวมอยู่ในชิปเดียวกัน หน่วย ALU จะทำหน้าที่ในการคำนวณเชิงคณิตศาสตร์และการคำนวณเชิงตรรกะของข้อมูลที่ถูกส่งเข้ามาส่วนหน่วยควบคุมจะดำเนินการรวบรวมข้อมูลและคำสั่งของโปรแกรมจากส่วนที่เป็นหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ ให้อยู่ในลำดับที่เหมาะสม และป้อนข้อมูลนี้ไปยังหน่วย ALU เพื่อทำการประมวลผลต่อไป หลังจากทำการประมวลผลแล้วหน่วย ALU ก็จะส่งผลที่ได้ออกไปสู่ส่วนของเอาว์พุต (Output) ซึ่งจะแปลงผลที่ได้ให้เป็นสัญญาณที่สามารถติดต่อกับอุปกรณ์รอบนอก ซึ่งคอมพิวเตอร์กำลัง

* ส่วนใหญ่ของบทความนี้เรียบเรียงจากหนังสือ MICHAEL J. COFFIN, Direct Digital Control for Building HVAC Systems, Van Nostrand Reinhold, 1992

ทำงานร่วมอยู่ได้ (เช่น แดมเปอร์ วาล์ว 2 ทาง) รูปที่ 1แสดงถึงโครงสร้าง หรือสถาปัตยกรรมของไมโครโปร-เซสเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเห็นว่าไมโครโปรเซสเซอร์ประกอบด้วยหน่วย ALU ส่วนที่บอกตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูล (Address Register) และหน่วยควบคุมรวมอยู่ในชิปเดียวกัน ส่วนไมโครคอมพิวเตอร์จะประกอบด้วย ไมโครโปรเซสเซอร์ ชิปหน่วยความจำ จุดต่อสำหรับข้อมูลเข้า/ออก (I/O Ports) และวงจรสัญญาณนาฬิกา



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์

ในรูปที่ 1 จะพบว่ามีบัส (Bus คือสายตัวนำสำหรับส่งสัญญาณ) อยู่ 3 ชนิด คือ บัสตำแหน่งที่อยู่ (Address Bus) บัสข้อมูล (Data Bus) และบัสควบคุม (Control Bus) ซึ่งแต่ละบัสมีหน้าที่ดังนี้

บัสตำแหน่งที่อยู่ ใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลและคำสั่งของโปรแกรมไปยังหน่วยควบคุม ซึ่งจะทำการจัดลำดับของข้อมูลและคำสั่งของโปรแกรมให้เหมาะสมก่อนส่งต่อไปยังหน่วย ALU เพื่อทำการประมวลผลต่อไป

บัสข้อมูล จะทำหน้าที่ในการรับ/ส่งคำคอมพิวเตอร์ (Computer Word) หมายถึงคำที่เก็บเป็นภาษาเครื่อง อยู่ที่ตำแหน่งในคอมพิวเตอร์ มีความยาวไม่น้อยกว่า 8 บิต ระหว่างหน่วย ALU และหน่วยความจำ โดยปกติแล้วหนึ่งบิตข้อมูล (Data Bit) จะใช้สายตัวนำหนึ่งสาย ฉะนั้น CPU ชนิด 32 บิตจะมีบัสข้อมูล 32 สาย

บัสควบคุม จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทุกชิ้นของเครื่องคอมพิวเตอร์ และจะทำหน้าที่ควบคุมการปฏิบัติการตามคำสั่งในโปรแกรม โดยการควบคุมการเข้า/ออกของคำสั่ง และข้อมูลตลอดระยะเวลาที่คอมพิวเตอร์ดำเนินการอยู่

หน่วยความจำโปรแกรมประยุกต์ มีหน้าที่เก็บสารสนเทศที่บอกว่าไมโครคอมพิวเตอร์จะต้องปฏิบัติอย่างไร นั่นคือเป็นที่ซึ่งคอมพิวเตอร์จะได้รับคำสั่งให้ปฏิบัติการตามภาระที่มอบหมาย สารสนเทศนี้จะอยู่ในรูปแบบของคำสั่งหรือโปรแกรม ซึ่งคอมพิวเตอร์จะต้องปฏิบัติตาม การปฏิบัติการส่วนใหญ่ของระบบจะอยู่ในหน่วยความจำประยุกต์นี้ ดังนั้นขนาดของหน่วยความจำจึงเป็นตัวกำหนดถึงขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์ด้วย

หน่วยความจำฐานข้อมูล หน่วยความจำนี้เปรียบเสมือนตู้เก็บเอกสารหรือห้องสมุดของคอมพิวเตอร์ ข้อมูลทั้งหลายที่ยังไม่ต้องการใช้งานจะถูกเก็บอยู่ในหน่วยความจำฐานข้อมูลนี้ ซึ่งจะเป็นจานบันทึกข้อมูลที่อยู่ภายในหรือภายนอกคอมพิวเตอร์ก็ได้

อุปกรณ์เชื่อมโยงการส่งทอดข้อมูลเข้า/ออก หรือที่เรียกว่า I/O Interface เป็นจุดเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์ และโลกภายนอก โดยการส่งข้อมูลเข้า/ออกทางอุปกรณ์นี้ ข้อมูลที่เข้ามาอาจเป็นสัญญาณควบคุมจากอุปกรณ์ในระบบ DDC (เช่น อุณหภูมิ) หรือเป็นข้อมูลที่เราพิมพ์เข้าไปทางคีย์บอร์ดก็ได้ จุดที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เราเรียกว่า จุดต่อสำหรับข้อมูลเข้า/ออก (I/O Port) ซึ่งยังแบ่งออกเป็น จุดต่อสัญญาณแบบอนุกรม (Serial Port) และจุดต่อสัญญาณแบบขนาน (Parallel Port) จุดต่อสัญญาณแบบอนุกรมใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลสองทิศทาง ระหว่างคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์รอบนอก (เช่น การต่อเข้ากับสายโทรศัพท์ผ่านโมเด็ม เพื่อการเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกันให้เป็นข่ายงาน ตัวอย่างของ Port คือ RS-232 และ RS-485) ส่วนจุดต่อสัญญาณแบบขนานใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลเพียงทิศทางเดียว (เช่น การต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์)

วงจรสัญญาณนาฬิกา เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกามาตรฐาน เพื่อใช้เป็นหลักในการจับเวลาสำหรับการจัดลำดับการทำงานของคอมพิวเตอร์

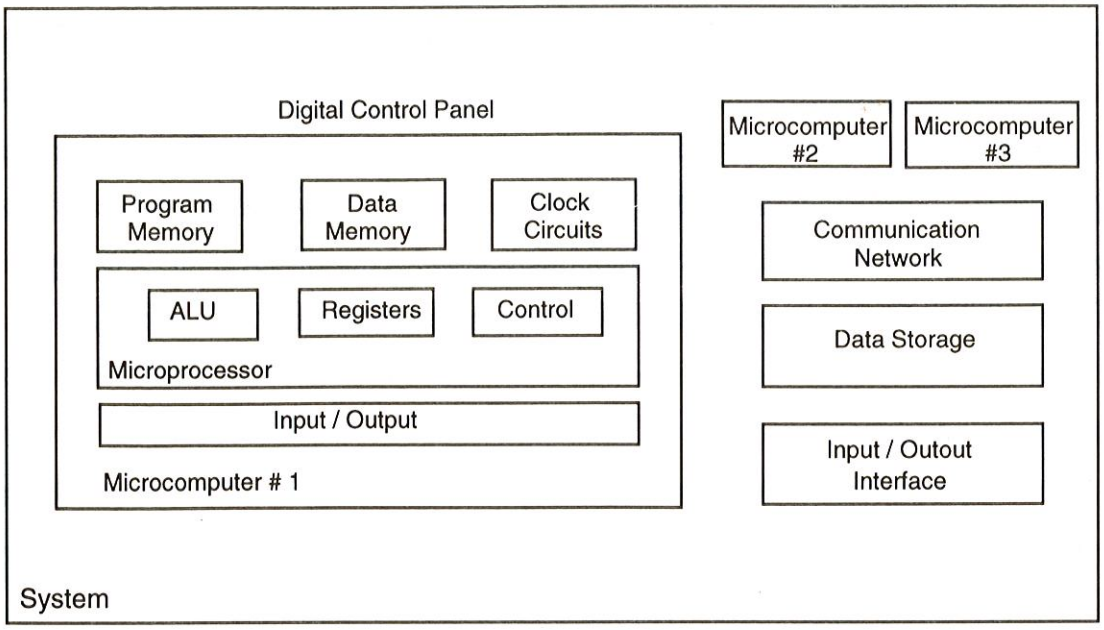
สถาปัตยกรรมของระบบคอมพิวเตอร์

ระบบการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย การจัดสถาปัตยกรรม (หรือโครงสร้าง) เป็นสามลำดับชั้น ซึ่งเราจะต้องทำความเข้าใจก่อนที่จะเริ่มกระทำการประเมิน ข้อดีหรือข้อเสียของระบบการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์แบบต่าง ๆ คือ

- สถาปัตยกรรมระดับระบบ
- สถาปัตยกรรมระดับไมโครคอมพิวเตอร์
- สถาปัตยกรรมระดับไมโครโปรเซสเซอร์

สถาปัตยกรรมระบบ เป็นระดับที่อยู่สูงสุด และครอบคลุมระบบการควบคุมทั้งหมดสถาปัตยกรรมในระดับดังกล่าวนี้จะหมายถึง การรวมฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ (โปรแกรมใช้งาน) เข้าด้วยกัน เพื่อประกอบขึ้นเป็นระบบที่จะหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายได้ ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 2 ซึ่งจะประกอบด้วยไมโครคอมพิวเตอร์จำนวนหลายชุดเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเป็นข่ายงานสื่อสาร (Communication Network) รวมทั้งหน่วยเก็บข้อมูล (Data Storage) และอุปกรณ์เชื่อมโยงการส่งทอดข้อมูลเข้า/ออกด้วย

สถาปัตยกรรมระดับไมโครคอมพิวเตอร์ หมายถึงกลุ่มของอุปกรณ์ที่ประกอบรวมกันขึ้นเป็นหน่วยควบคุมอิสระ (Discrete Control Unit) เช่นตัวควบคุม DDC เป็นต้น ซึ่งจากรูปที่ 2 เราจะพบว่าสถาปัตยกรรมระดับไมโครคอมพิวเตอร์ ก็คือสถาปัตยกรรมย่อยของสถาปัตยกรรมระดับระบบนั่นเอง



รูปที่ 2 สภาวะแวดล้อมของระบบควบคุม

สถาปัตยกรรมระดับไมโครโปรเซสเซอร์ จะประกอบด้วย วงจรที่อยู่ภายในตัวไมโครโปร - เซสเซอร์เอง ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมย่อยของสถาปัตยกรรมระดับไมโครคอมพิวเตอร์อีกชั้นหนึ่งนั่นเอง

ก่อนยุคของคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงเช่นปัจจุบันนี้ การเชื่อมโยงระหว่างระบบย่อยหรือระหว่างตัวควบคุมต่าง ๆ มักจะเป็นระบบลมอัด หรือระบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทำได้ยากและการลงทุนขั้นต้นมีมูลค่าสูง ดังนั้นจึงมีการใช้เฉพาะในระบบควบคุมที่มีขนาดใหญ่มากเท่านั้นจึงจะคุ้มค่า ในปัจจุบันนี้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) ที่มีประสิทธิภาพสูงมีราคาถูกลงมากจึงทำให้เราสามารถลงทุนเชื่อมโยงหน่วยควบคุมต่าง ๆเป็นลำดับชั้น ๆได้อย่างครบถ้วนฉะนั้นตัวควบคุมใด ๆในระบบจะสามารถรู้ได้ทุกระยะว่าตัวควบคุมอื่น ๆ ในระบบกำลังทำอะไรอยู่

ระดับที่สูงสุดของระบบการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ก็คือ คอมพิวเตอร์แม่ข่าย หรือ Host Computer (คอมพิวเตอร์ที่สามารถเป็นเครื่องควบคุมเครื่องคอมพิวเตอร์อื่น ๆ ที่อยู่ในข่ายงานเดียวกัน รวมทั้งการให้บริการต่าง ๆ เช่น การคำนวน การเข้าถึงฐานข้อมูล การตรวจดูการปฏิบัติงานของระบบควบคุมเฉพาะพื้นที่หรือการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม เป็นต้น) ซึ่งมีหน้าที่ในการดูแลระบบควบคุมทั้งหมด เครื่อง PC ที่ใช้เป็นคอมพิวเตอร์แม่ข่ายส่วนใหญ่จะสามารถแสดงภาพกราฟฟิกของสถานการณ์จริงในขณะนั้นได้ด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ดูแลระบบของอาคารในการตัดสินใจต่าง ๆ

ถัดมาจากคอมพิวเตอร์แม่ข่ายก็คือ ตัวควบคุมข่ายงานหรือโครงข่าย (Network Controller) ซึ่งมีหน้าที่ในการจัดการจราจรด้านการสื่อสารข้อมูลระหว่างตัวควบคุม DDC แต่ละตัว ตัวควบคุมข่ายงานจะตรวจวัดการควบคุมซึ่งกระทำเป็นประจำอยู่ ณ อุปกรณ์ควบคุมระดับพื้นที่ใช้งาน (Field Level) และช่วยให้มีการแบ่งปันสารสนเทศระหว่างแผงควบคุมเหล่านี้ โดยเป็นตัวกลางในการรวบรวมข้อมูล (เช่น อุณหภูมิภายนอกอาคาร) เพื่อแจกจ่ายไปยังตัวควบคุมระดับพื้นที่ใช้งานเมื่อยามต้องการ ฉะนั้นตัวควบคุมข่ายงานจะทำการสื่อสารใน

แนวดิ่ง โดยอาศัยบัสการสื่อสาร ซึ่งเรียกกันว่า ข่ายงานคอมพิวเตอร์เฉพาะบริเวณ (LAN หรือ Local Area Network) ไปยังทั้งระบบคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่อยู่ระดับเหนือขึ้นไป และไปยังแผงควบคุมระดับพื้นใช้งานซึ่งอยู่ระดับต่ำลงมา รูปแบบการจัดระบบเช่นนี้มีชื่อเรียกว่า แบบ Master-Slave (Master คืออุปกรณ์หลัก และ Slave คืออุปกรณ์พ่วง) โดยตัวควบคุมหลักหนึ่งชุด (Master Controller) จะดูแลตัวควบคุมพ่วงหลายชุด (Slave Controller) ที่อยู่ในระดับเดียวกัน ข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างตัวควบคุมทั้งสองนี้ก็คือ ตัวควบคุมหลักมีความสามารถในการตัดสินใจและประมวลผลได้ แต่ตัวควบคุมพ่วงมีหน้าที่เพียงรวบรวมสารสนเทศ แล้วส่งสารสนเทศนี้กลับไปยังตัวควบคุมหลักเท่านั้น ดังนั้นแผงของตัวควบคุมพ่วงนี้จึงมีชื่อเรียกอีกว่า แผงรวบรวมข้อมูล (Dap หรือ Data Aquisition Panel)

ลำดับสุดท้ายของโครงสร้างระบบการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ก็คือ ตัวควบคุมระดับพื้นที่ใช้งาน (Field Controller) ซึ่งจะทำงานหลักเกี่ยวข้องโดยตรงกับการควบคุมอุปกรณ์ ณ พื้นที่ใช้งานนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ตัวควบคุมอัจฉริยะ (Intelligent Controller) และตัวควบคุมรวบรวมข้อมูล (Nonintelligent Controller) ตัวควบคุมอัจฉริยะจะมีไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งสามารถปฏิบัติการกับโปรแกรมควบคุมได้เป็นอิสระจากตัวควบคุมโครงข่าย ส่วนตัวควบคุมรวบรวมข้อมูลจะเป็นเพียงแต่จุดสำหรับรวบรวมสัญญาณควบคุม ซึ่งจะต้องถูกส่งกลับไปยังตัวควบคุมโครงข่ายเพื่อทำการประมวลผลต่อไป โดยไม่สามารถที่จะทำการประมวลผลหรือควบคุมใดๆ ได้ จะเห็นได้ชัดเจนว่า ตัวควบคุมอัจฉริยะมีข้อได้เปรียบในเรื่องของความเร็วในการปฏิบัติการควบคุม ทั้งนี้เพราะเราจะไม่เสียเวลาไปในการส่งและรับสัญญาณควบคุมให้แก่ตัวควบคุมโครงข่ายดังเช่นตัวควบคุมรวบรวมข้อมูล