บทที่ 3

ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือ

การพัฒนาเครื่องมือในการปรับปรุงภาพดิจิตอลขั้นพื้นฐาน หรือระบบซอฟต์แวร์ CUDIET (Digital Image Enhancement Tools) ใช้อุปกรณ์เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ซีพียู เบอร์ 80386 ในการพัฒนาระบบ จอภาพที่เลือกใช้คือจอภาพที่ใช้แผงวงจรภาพแบบวีจีเอ (Video Graphics Array card หรือ VGA card) และใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรมพัฒนาระบบ โดยใช้ตัวแปลภาษา (compiler) คือ เทอร์โบ C เวอร์ชัน 2.0 และนอกจากนั้นยังสามารถใช้อุปกรณ์เมาส์ (mouse) ประกอบการใช้งานได้ เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ เช่น จอภาพวีจีเอ มีคุณสมบัติในการเลือกใช้งานได้หลายลักษณะด้วยกัน จึงควรทำการศึกษาถึงการใช้งานตามลักษณะที่ต้องการเสียก่อนเพื่อให้เกิดความเข้าใจดังต่อไปนี้

<u>ตารางสีและการแสดงผลบนจอภาพแบบวีจีเอ</u>

แผงวงจรภาพแบบวีจีเอ เป็นแผงวงจรแสดงผลภาพแบบกราฟิกชนิดสี (color graphics card) ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัทไอบีเอ็ม เพื่อใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในตระกูลพีเอสทู (Personal System/2 หรือ PS/2) ของบริษัทในปี ค.ศ.1987 โดยมีการเพิ่มความละเอียดของจอภาพ (resolution) ให้สูงขึ้นกว่าเดิมและมีโหมดแสดงผลภาพ (display mode) ที่สามารถแสดงระดับของข้อมูลสีได้ถึง 256 ระดับ (256-color mode) การกำหนดโหมดแสดงผลภาพนี้สามารถทำได้โดยเรียกใช้คำสั่งไบออส (Basic Input Output System หรือ BIOS) หรือคำสั่งขัดจังหวะ (Interrupt) ของแผงวงจรภาพแบบวีจีเอ ซึ่งสามารถกำหนดได้ 2 แบบ คือ โหมดแสดงผลภาพแบบตัวอักษร (Alphanumeric) และโหมดแสดงผลภาพแบบกราฟิก (Graphics mode) ตารางต่อไปนี้จะเป็นตัวอย่างของโหมดแสดงผลภาพแบบกราฟิกของแผงวงจรภาพแบบวีจีเอ ซึ่งจะทำให้ความละเอียดของจอภาพ จำนวนของข้อมูลสีที่สามารถแสดงได้พร้อมกันบนจอภาพ และขนาดของตัวอักษรที่แสดงบนจอภาพแตกต่างกันออกไป ดังนี้

โหมดแสดงผลภาพ (Mode number - hex)	ความละเอียดจอภาพ (Resolution -pixels)	จำนวนสีของข้อมูล (Number of Colors)	ขนาดตัวอักษร (Characters)
4,5	320 x 200	4	8 x 8
6	640 x 200	2	8 x 8
D	320 x 200	16	8 x 8
E	640 x 200	16	8 x 8
F	640 x 350	4	8 x 14
10	640 x 350	16	8 x 14
11	640 x 480	2	8 x 16
12	640 x 480	16	8 x 16
13	320 x 200	256	8 x 8

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของโหมดแสดงผลภาพแบบกราฟิกของแผงวงจรภาพแบบวีจีเอ

ตำแหน่งเริ่มต้นอยู่ที่หน่วยความจำตำแหน่ง (address) A000:0000 (หรือ A0000 hex) และมีหน่วยความจำได้สูงถึง 256 กิโลไบต์ (Kbyte) โดยแบ่งเป็น 4 บิตเพลน (bit plane) เท่าๆกัน ซึ่งแต่ละบิตเพลนอาจมีหน่วยความจำได้ตั้งแต่ 16 กิโลไบต์ถึง 64 กิโลไบต์

การเก็บข้อมูลในหน่วยความจำส่วนแสดงผลภาพสามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือ รูปแบบแรกจะมีการจัดแบ่งหน่วยความจำเป็นหลายๆบิตเพลน โดยแต่ละบิตเพลนจะเก็บข้อมูลเพียงบิตเดียวของแต่ละพิกเซลในภาพดิจิตอลไว้ ซึ่งจำนวนของบิตเพลนจะต้องเท่ากับจำนวนบิตที่มากที่สุดต่อหนึ่งพิกเซล ดังนั้น ในการแสดงข้อมูลแต่ละพิกเซลบนจอภาพจึงต้องนำเอาข้อมูลแต่ละบิตที่เก็บเอาไว้ในทุกๆบิตเพลนมารวมกันเสียก่อน รูปแบบของการเก็บข้อมูลในลักษณะเช่นนี้จะเรียกว่า รูปแบบบิตเพลน (bit-plane format) ส่วนการเก็บข้อมูลอีกแบบหนึ่งจะมีการอ้างถึงหน่วยความจำเพียงระนาบเดียวเท่านั้น โดยเก็บข้อมูลทุกๆบิตของแต่ละพิกเซลไว้ด้วยกัน โดยแบ่งหน่วยความจำออกเป็นส่วนๆโดยที่แต่ละส่วนจะเก็บข้อมูลทุกๆบิตสำหรับหนึ่งพิกเซล ซึ่งจำนวนบิตต่อหนึ่งพิกเซลจะเป็นเท่าใดขึ้นอยู่กับโหมดแสดงผลภาพที่เลือกใช้ ลักษณะของรูปแบบการเก็บข้อมูลแบบนี้เรียกว่า รูปแบบแพคดิสเพลย์ (packed display format) ซึ่งการเก็บข้อมูลในหน่วยความจำส่วนแสดงผลภาพจะมีลักษณะเป็นเช่นใดขึ้นอยู่กับโหมดแสดงผลภาพที่เลือกใช้

การแสดงค่าสี (color) (หรือค่าระดับความเทา) ของข้อมูลบนจอภาพของแผงวงจรแสดงผลภาพแบบกราฟิกชนิดสี จะใช้ตารางสี (color palette) ซึ่งเป็นตารางสำหรับการค้นหา

(lookup table) ที่ใช้ในการแปลงข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำแสดงผลภาพ (ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับพิกเซลในภาพดิจิตอล) ไปเป็นค่าสี ทำให้จำนวนค่าสีที่สามารถเป็นไปได้มีจำนวนมากกว่าค่าสีที่สามารถแสดงผลได้พร้อมๆกันบนจอภาพ โดยทั่วไปตารางสีจะประกอบด้วย รีจิสเตอร์แพเล็ท (palette register) 16 ตัว แต่เนื่องจากในแผงวงจรภาพแบบวีจีเอมีโหมดแสดงผลภาพบางโหมดที่ต้องการให้สามารถแสดงค่าสีบนจอภาพได้พร้อมกันถึง 256 สี จึงต้องมีการใช้รีจิสเตอร์สี (color register) อีก 256 ตัวร่วมด้วย

โหมดแสดงผลภาพแบบวีจีเอที่เลือกใช้ในการพัฒนาระบบ คือ โหมดแสดงผลภาพหมายเลข 19 (Display mode 13 Hex) ซึ่งเป็นโหมดแสดงผลภาพแบบกราฟิก (Graphics display mode) ที่มีความละเอียดของจอภาพขนาด 320 x 200 พิกเซล มีลักษณะการเก็บข้อมูลในหน่วยความจำส่วนแสดงผลภาพแบบแพคดิสเพลย์ ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ในโหมดแสดงผลภาพนี้ คือ 8 x 8 พิกเซล สามารถแสดงค่าสีบนจอภาพได้พร้อมกัน 256 สี โดยเลือกค่าสีจากตารางสีได้ถึง 256K สี (262144 = 2^{18} สี) รีจิสเตอร์สีที่ใช้ในแผงวงจรภาพแบบวีจีเอจะถูกใช้ในการเก็บค่าสีแต่ละค่า โดยรีจิสเตอร์แต่ละตัวจะมีขนาด 18 บิต (bit) และถูกแบ่งเป็นค่าองค์ประกอบของสี 3 ส่วน คือ ค่าสีแดง (red), ค่าสีเขียว (green) และ ค่าสีน้ำเงิน (blue) แต่ละค่าองค์ประกอบของสีจะมีขนาด 6 บิต ซึ่งสามารถแสดงค่าได้ 64 ระดับ (2^6 = 64) ทำให้จำนวนของค่าสีที่เป็นไปได้ทั้งหมดมีจำนวนเท่ากับ $(2^6)^3 = 2^{18}$ = 262144 = 256K สีนั่นเอง

เนื่องจากโหมดแสดงผลภาพที่เลือกใช้นี้กำหนดให้แสดงค่าสีบนจอภาพได้พร้อมกัน 256 สี จึงต้องใช้ข้อมูลที่มีขนาด 8 บิตในการกำหนดตำแหน่งของรีจิสเตอร์สีที่มีความสัมพันธ์กับพิกเซลแต่ละพิกเซลในภาพดิจิตอล การกำหนดตำแหน่งของรีจิสเตอร์สีในโหมดแสดงผล ภาพนี้จะใช้ข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์แพเล็ทมาช่วยในการกำหนดตำแหน่งด้วย โดยแบ่งข้อมูลภาพแต่ละพิกเซลที่มีขนาด 8 บิตออกเป็น 2 ส่วนให้มีขนาด 4 บิตเท่าๆกัน ใช้ส่วนแรกที่เป็น 4 บิตล่าง (low-order bits หรือ bit 0-3) ในการกำหนดค่าตำแหน่งของรีจิสเตอร์แพเล็ทซึ่งมีอยู่เพียง 16 ตัว (2^4 = 16) โดยที่แต่ละตัวจะมีข้อมูลอยู่ 6 บิต แล้วจึง 4 บิตล่างของข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์แพเล็ทที่ได้มารวมกับส่วนที่สองที่เป็น 4 บิตบน (high-order bits หรือ bit 4-7) ของข้อมูลภาพ ก็จะได้ตำแหน่งของรีจิสเตอร์สีที่มีความสัมพันธ์กับพิกเซลในภาพ และทำให้ค่าสีที่อยู่ในรีจิสเตอร์สีนั้นถูกนำมาแสดงบนจอภาพตรงตามที่ต้องการ

โดยปกติตารางสีที่ใช้ในแผงวงจรภาพแบบวีจีเอมักถูกกำหนดด้วยค่าสีที่เป็นมาตรฐานเอาไว้แล้ว แต่เนื่องจากแฟ้มข้อมูลภาพดิจิตอลโดยทั่วไปมักจะมีการเก็บตารางสีที่ใช้กับพิกเซลในภาพนั้นเอาไว้ในขณะที่ทำการเก็บบันทึกข้อมูลภาพดังนั้นก่อนที่จะนำข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลภาพดิจิตอลมาแสดงบนจอภาพจึงควรกำหนดตารางสีของแผงวงจรภาพแบบวีจีเอให้มีค่าสีที่ตรง

กันกับตารางสีที่เก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลนั้นเสียก่อน เพื่อทำให้ภาพดิจิตอลที่ถูกนำมาแสดงบนจอภาพมีลักษณะของสีที่ใกล้เคียงกับภาพต้นแบบ (original image) มากที่สุด ข้อมูลที่เป็นส่วนของตารางสีที่เก็บอยู่ในแฟ้มข้อมูลภาพชนิดที่สามารถแสดงค่าสีได้ 256 สีนี้จะมีขนาด 8 บิต ซึ่งสามารถแสดงค่าสีในแต่ละองค์ประกอบของสีได้ถึง 256 ระดับ (2^8 = 256) แต่เนื่องจากในโหมดแสดงผลภาพหมายเลข 19 ของแผงวงจรภาพแบบวีจีเอนี้ รีจิสเตอร์สีที่ใช้สามารถแสดงค่าองค์ประกอบของสีได้เพียง 64 ระดับ (2^6 = 64) เท่านั้น ดังนั้น ก่อนที่จะนำค่าสีจากตารางสีในแฟ้มข้อมูลภาพมาใส่ในตารางสีของแผงวงจรภาพแบบวีจีเอจึงต้องแปลงส่วน (scale) ของค่าสีจาก 256 ระดับให้เป็น 64 ระดับโดยการหารค่าสีจากตารางสีในแฟ้มข้อมูลภาพด้วย 4 เสียก่อน

ในแผงวงจรภาพแบบวีจีเอ จะมีฟอนต์ตัวอักษร (character font) อยู่ใน BIOS ROM ของแผงวงจรภาพให้เลือกใช้ได้ 3 แบบคือ ตัวอักษรขนาด 8 x 8 , 8 x 14 และ 8 x 16 โดยฟอนต์ตัวอักษรแต่ละชุดประกอบด้วยตัวอักษร 256 ตัว โดยที่ตัวอักษรแต่ละตัวมีรูปแบบของการแสดงพิกเซลบนจอภาพของตัวมันเอง สำหรับโหมดแสดงผลภาพแบบกราฟิกจะไม่มีการดึงเอาข้อมูลที่เป็นฟอนต์ตัวอักษรเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำส่วนแสดงผลภาพ แต่จะใช้บิตแพทเทิร์น (bit pattern) ของฟอนต์ตัวอักษรที่มีอยู่แล้วเป็นรูปแบบในการแสดงตัวอักษรบนจอภาพ สำหรับโหมดแสดงผลภาพหมายเลข 19 นั้นเราสามารถหาตำแหน่งของตัวอักษรที่ต้องการใช้เป็นรูปแบบในการแสดงบนจอภาพได้จากความสัมพันธ์ดังนี้ คือ

ตำแหน่งของตัวอักษร = ตำแหน่งเริ่มต้นของชุดตัวอักษร (character set)
+ ออฟเส็ท (offset) ของตัวอักษร

ซึ่งค่าออฟเส็ทของตัวอักษร จะมีค่าเท่ากับ

ค่าออฟเส็ทของตัวอักษร = รหัสแอสกีของตัวอักษร x จำนวนไบต์ต่อตัวอักษร

และตำแหน่งเริ่มต้นของชุดตัวอักษรก็สามารถหาได้ โดยการเรียกใช้คำสั่งอินเทอร์รัพ (interrupt) หมายเลข 16 (10 hex) โดยกำหนดค่ารีจิสเตอร์ AH เป็น 11 , ค่ารีจิสเตอร์ AL เป็น 30 และ ค่า BH เป็น 3 ซึ่งเป็นการกำหนดค่าพอยเตอร์ (pointer) หรือตัวชี้ของชุดตัวอักษร (character set pointer) ให้เป็น ROM 8 x 8 ASCII (0-127) เมื่อใช้คำสั่งนี้แล้วจะได้ค่าพอยเตอร์ที่ชี้ไปที่ตำแหน่งเริ่มต้นของชุดตัวอักษร (ตัวอักษรชุดบน 128 ตัว) ซึ่งเก็บอยู่ในอินเทอร์รัพเวคเตอร์ (interrupt vector) ของคำสั่งอินเทอร์รัพนั้น เมื่อได้ตำแหน่งของตัวอักษรแล้วก็สามารถใช้บิตแพทเทิร์นของตัวอักษรนั้นเป็นรูปแบบในการแสดงบนจอภาพได้โดยดูจากตำแหน่งของพิกเซลที่ถูกกำหนดให้

แสดงข้อมูลบนจอภาพ ในโหมดแสดงผลภาพหมายเลข 19 นี้จะแสดงตัวอักษรได้ 40 x 25 ตัว อักษรต่อหนึ่งจอภาพเท่านั้น

การเก็บข้อมูลในหน่วยความจำส่วนแสดงผลภาพสำหรับโหมดแสดงผลภาพแบบกราฟิกหมายเลข 19 จะมีลักษณะการเก็บแบบพิกเซลต่อพิกเซล โดยใช้หน่วยความจำขนาด 8 บิตหรือ 1 ไบต์ต่อหนึ่งพิกเซล การเก็บข้อมูลนี้จะเรียงไปตามคอลัมน์ในแต่ละแถวของจอภาพต่อเนื่องกันไป โดยมีจุดเริ่มต้นอยู่ที่ตำแหน่ง A0000 hex เช่น ตำแหน่ง A0000 จะเก็บข้อมูลที่อยู่ในพิกัดหรือตำแหน่ง 0,0 หรือคอลัมน์ที่ 1 ในแถวที่ 1 ของจอภาพ และตำแหน่ง A0145 hex จะเก็บข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่ง 5,1 หรือคอลัมน์ที่ 6 ในแถวที่ 2 ของจอภาพเป็นต้น ดังนั้นเมื่อต้องการแสดงจุด 1 จุดที่ตำแหน่งใดบนจอภาพก็สามารถทำได้โดยการนำเอาข้อมูลซึ่งเป็นค่าที่ระบุถึงตำแหน่งของรีจิสเตอร์สีที่เก็บค่าสีที่ต้องการจะแสดงบนจอภาพมาใส่ไว้ในหน่วยความจำส่วนแสดงผลภาพตรงตำแหน่งที่สัมพันธ์กันกับตำแหน่งพิกเซลที่ต้องการบนจอภาพ การแสดงตัวอักษร, การวาดเส้น, การสร้างรูปภาพ หรือการแสดงภาพดิจิตอลในลักษณะต่างๆก็ล้วนแต่ต้องใช้การแสดงจุดบนจอภาพเป็นเบื้องต้นทั้งนั้น ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าสิ่งที่สำคัญในการแสดงผลบนจอภาพวีจีเออยู่ที่การทำความเข้าใจในลักษณะของการเก็บข้อมูลในหน่วยความจำส่วนแสดงผลภาพนั่นเอง (Ferraro,1988)

<u>หน่วยความจำในการแสดงผลภาพดิจิตอล</u>

ไมโครโปรเซสเซอร์ในตระกูล 80x86 จะมีลักษณะการทำงาน 2 โหมดด้วยกัน คือ เรียลโหมด (real mode) และโพรเทคโหมด (protected mode) และโปรแกรมส่วนใหญ่ที่ทำงานภายใต้ MS-DOS จะมีการทำงานในเรียลโหมด ซึ่งซีพียู (CPU) ไม่สามารถที่จะกำหนดตำแหน่ง (address) ของหน่วยความจำที่เกิน 1 เมกกะไบต์ได้ หน่วยความจำ 1 เมกกะไบท์ที่ถูกใช้ในเรียลโหมดนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำส่วนล่าง (low memory area) ซึ่งเป็นหน่วยความจำตั้งแต่ 0K (K หมายถึงกิโลไบต์) ถึง 640K และหน่วยความจำส่วนบน (upper memory area) ซึ่งเป็นหน่วยความจำส่วนที่เกิน 640K ไปจนถึง 1024K (1M หรือ 1 เมกกะไบต์) หน่วยความจำส่วนล่างนี้จะถูกใช้ในการเก็บ DOS (Disk Operating System), ตาราง DOS อินเทอร์รัพ (DOS interrupt table), อินเทอร์รัพเวคเตอร์, ดีไวซ์ไดรเวอร์ (device driver) และ TSRs ส่วนที่เหลือจะเป็นส่วนที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม ดังนั้น จึงทำให้เกิดปัญหาต่อการทำงานของโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่ หรือมีการใช้ข้อมูลจำนวนมากๆ เช่น โปรแกรมที่ใช้ในการปรับปรุงภาพ ซึ่งแฟ้มข้อมูลของข้อมูลภาพดิจิตอลมักจะมีขนาดใหญ่ จึงต้องหาวิธีในการจัดการข้อมูลที่เหมาะสม

การแก้ปัญหาในการทำงานของโปรแกรมที่ต้องการใช้หน่วยความจำเกิน 640K นั้นอาจเลือกใช้วิธีต่างๆ เช่น ใช้การเก็บข้อมูลหรืออ่านข้อมูลจากแผ่นดิสก์ซึ่งจะเสียเวลาในการทำงานมาก เพราะการเก็บข้อมูลหรืออ่านข้อมูลจากแผ่นดิสก์นี้จะต้องมีการเลื่อนหัวอ่านของดิสก์ไดรฟ์ (diskette drive) ทุกๆครั้งที่มีการเรียกใช้คำสั่งที่เกี่ยวข้อง อีกวิธีหนึ่งที่สามารถเลือกใช้ได้คือ ใช้หน่วยความจำส่วนที่เกิน 640K ขึ้นไป ซึ่งการพัฒนาระบบในครั้งนี้เลือกใช้วิธีการเก็บข้อมูลในหน่วยความจำส่วนที่เกิน 1M (extended memory) โดยเรียกใช้คำสั่งหรือฟังก์ชันต่างๆจาก XMS 2.0 (Extended memory specification v2.0) ซึ่งเป็นชุดคำสั่งที่ใช้เป็นมาตรฐานในการเขียนโปรแกรมที่เกี่ยวกับ XMS ที่ได้มาจากการตกลงร่วมกันของบริษัทไมโครซอฟต์ (Microsoft Corporation), บริษัทโลตัสดีเวลอปเมนท์ (Lotus Development Corporation), บริษัทอินเทล (Intel Corporation) และ เอเอสทีรีเสิร์ช (AST Research Inc.) ในปี ค.ศ. 1988 (Dorfman and Neuberger, 1993)