องค์ประกอบของระบบกราฟิก

นำเสนอเมื่อ 12 ส.ค. 2550

องค์ประกอบของระบบกราฟิก

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ เมื่อเราพิมพ์ภาพกราฟิกที่สร้างขึ้น มันไม่จำเป็นนักที่จะต้องให้ภาพนั้นปรากฏทันทีบนกระดาษ กราฟิกแบบนี้เรียกว่า กราฟิกแบบสถิต (Static Graphics) แต่ถ้าเป็นการเล่นวิดีโอเกม ถ้าเวลาในการตอบสนองมากกว่า 1/10 วินาที หลังจากการเคลื่อนที่ของจอยสติ๊กก็อาจจะไม่เป็นที่ยอมรับได้ เนื่องจากในการเล่นนี้เราต้องการการตอบสนองแบบทันทีทันใด ภาพกราฟิซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาแบบนี้จะต้องเปลี่ยนแปลงได้เร็วพอที่ผู้ใช้จะสามารถควบคุมภาพได้ ระบบแบบนี้เรียกว่า ระบบกราฟิกแบบอินเตอร์แอกทีฟ (Interactive Graphics System) สำหรับระบบแบบนี้ต้องการฮาร์แวร์ที่พิเศษซึ่งจะจัดการเฉพาะในเรื่องที่เกี่ยวกับการแสดงภาพและการตอบสนองผู้ใช้ ยิ่งภาพที่มีความซับซ้อนเหมือนจริงมากขึ้นเท่าใด การที่จะทำให้ภาพมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วก็ทำได้ยากยิ่งขึ้นเท่านั้น

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ ระบบกราฟิกแบบอินเตอร์แอกทีฟ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ คอมพิวเตอร์, จอภาพสำหรับการแสดงภาพ, อุปกรณ์รับคำสั่งและข้อมูลจากผู้ใช้และอุปกรณ์สำหรับการพิมพ์ภาพ ซึ่งต่อไปจะได้กล่าวถึงรายละเอียดของส่วนประกอบแต่ละส่วน

1. จอภาพสำหรับการแสดงภาพ

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ จอภาพส่วนมากที่ใช้กันจะเป็นจอภาพชนิดเดียวกันกับจอภาพของโทรทัศน์ซึ่งเรียกกันว่า CRT (Cathrod Ray Tube) แสดงส่วนประกอบสำคัญของ CRT ซึ่งได้แก่ ปืนอิเล็กตรอน (Electron Gun) ซึ่งเมื่อร้อนจะปล่อยประจุลบออกมา ประจุลบเหล่านี้จะวิ่งไปหาประจุบวก ซึ่งอยู่ที่จอภาพที่ฉาบด้วยสารฟอสเฟอร์ ระหว่างที่ประจุลบวิ่งไปนั้นจะต้องผ่านระบบปรับโฟกัส และระบบเบี่ยงเบนประจุซึ่งเป็นตัวบังคับให้ประจุลบวิ่งไปกระทบจอในตำแหน่งที่ต้องการได้ ระบบปรับโฟกัสจะใช้สำหรับลำประจุลบเพื่อเวลาที่ประจุลบกระทบกับจอภาพแล้ว จะทำให้เกินจุดสว่างเล็กๆ บนจอภาพ ส่วนระบบเบี่ยงเบนประจุจะประกอบด้วยแผนโลหะ 2 ชุด (สำหรับการเบี่ยงเบนในแนวนอนและการเบี่ยงเบนในแนวดิ่ง) ใช้สำหรับปรับทิศทางการวิ่งของประจุลบเพื่อให้กระทบที่ตำแหน่งต่างๆ ทุกตำแหน่งของจอภาพได้

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ เมื่อประจุลบนี้วิ่งกระทบจอภาพ สารฟอสเฟอร์ที่ฉาบอยู่บนจอภาพก็จะเปล่งแสงที่ตาคนมองเห็นได้ออกมา ความเข้มของแสงจะขึ้นอยู่กับจำนวนประจุลบที่วิ่งมาชน ส่วนที่เป็นสีดำบนจอภาพนั้นก็คือส่วนที่ไม่มีประจุลบหรือมีน้อยมากวิ่งไปชน แสงที่เกิดขึ้นบนจอภาพจะคงอยู่ได้ชั่วระยะเวลาเพียงเศษเสี้ยวของวินาทีเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้เราสามารถเห็นภาพได้ต่อเนื่องโดยไม่เกิดการกะพริบจะต้องมีการยิงประจุลบซ้ำที่เดิมนี้หลายครั้งใน 1 วินาที เราจะเรียกจอภาพประเภทนี้ว่า รีเฟรชซีอาร์ที (Refresh CRT) จอภาพประเภทนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 แบบ แรสเตอร์สแกน (Raster Scan) และแบบ แรนดอมเวกเตอร์ (Random Vector) ถึงแม้ว่าจะมีการใช้งานจอภาพทั้งสองแบบ แต่โดยทั่วไปแล้วมักจะใช้จอภาพแบบแรสเตอร์สแกนมากกว่า

เนื่องจากเป็นจอภาพที่เราสามารถจัดการเกี่ยวกับการให้สีและแสงเงาได้ง่ายกว่าจอภาพแบบแรนดอมเวกเตอร์

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ สำหรับจอภาพสีก็ใช้หลอดภาพ CRT เช่นกัน แต่มีส่วนประกอบเพิ่มเติม กล่าวคือ จะมีปืนอิเล็กตรอน 3 ชุด สำหรับแม่สีแสงคือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน บนจอภาพจะฉาบด้วยสารฟอสเฟอร์สามสีต่อหนึ่งจุด ซึ่งจัดวางเป็นรูปสามเหลี่ยม และจะมีระบบควบคุมอื่นๆ เพื่อจัดการให้จอภาพสามารถแสดงสีต่างๆ ได้ตามต้องการ

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ จอภาพแบบแรสเตอร์สแกน

จอภาพที่ใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปจะเป็นจอภาพแบบแรสเตอร์สแกน ซึ่งแบ่งจอภาพออกเป็นจุดเล็กๆ จำนวนมาก จุดเหล่านี้จะเป็นส่วนประกอบของภาพที่เล็กที่สุดเรียกว่า พิกเซล (Pixels หรือ Picture Elements) จุดเหล่านี้จะจัดเรียงกันเป็นแบบตะแกรง โดยที่จุดตัดของเส้นตามแนวนอนกับเส้นตามแนวดิ่งก็คือหนึ่งจุดนั่นเอง เส้นตามแนวนอนจะเรียกว่า เส้นแรสเตอร์สแกน (Raster - Scan Lines)
ดังนั้นจอภาพแบบนี้จึงเรียกว่าจอภาพแบบแรสเตอร์สแกนด้วย
คุณภาพของจอภาพแบบแรสเตอร์สแกนอธิบายได้โดยความละเอียดของจอภาพ (Resolution)
ซึ่งก็คือจำนวนพิกเซลในหนึ่งเส้นสแกน (Scan Line) กับจำนวนเส้นสแกนที่มีบนจอภาพทั้งหมด
ยิ่งความละเอียดของจอภาพมีมากเท่าใดก็ยิ่งแสดงภาพได้ละเอียดมากขึ้นเท่านั้น สำหรับจอภาพที่มีความละเอียดต่ำ (Low-Resolution) จะมีเส้นสแกนประมาณ 300 เส้น แต่ละเส้นสแกนจะมีพิกเซลประมาณ 400 พิกเซล
ส่วนจอภาพที่มีความละเอียดสูง (High-Resolution) จะมีเส้นสแกนอย่างต่ำ 1,000 เส้น
และแต่ละเส้นจะมีพิกเซลมากกว่า 1,000 พิกเซล
การยิงประจุลบไปยังจอภาพเพื่อให้เกิดเป็นจุดสว่างนั้นจะมีรูปแบบการทำงานที่แน่นอน
คือจุดสว่างจะเริ่มเกิดที่มุมบนซ้ายของจอภาพก่อนเพราะจะมีการยิงประจุลบที่ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งเริ่มต้นเสมอ
จากนั้นก็จะยิงประจุลบไปตามแนวของเส้นสแกนจากซ้ายไปขวาจนกระทั่งถึงจุดขวาสุด
และจะทำเช่นนี้ไปจนกว่าจะถึงจุดที่อยู่ที่ตำแหน่งมุมล่างขวาของจอภาพ
ซึ่งอยู่บนเส้นสแกนเส้นสุดท้ายแล้วก็จะกลับไปเริ่มกระบวนการยิงประจุลบใหม่ตามรูปเดิม
ซึ่งจะกระทำเช่นนี้หลายครั้งใน 1 วินาที จำนวนครั้งที่มีการยิงประจุลบได้ครบรอบดังกล่าวมาแล้วในช่วงเวลา 1 วินาที จะเรียกว่า อัตรารีเฟรช (Refresh Rate) สำหรับส่วนกลับของอัตรารีเฟรช
ซึ่งก็คือเวลาที่ใช้ในการแสดงภาพหนึ่งจอภาพจะเรียกว่า เวลาเฟรม (Frame Time)
ถึงแม้ว่าพิกเซลที่เกิดขึ้นจะมีการจางหายไปตลอดเวลา แต่คนเราไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงนี้ได้
เนื่องจากอัตรารีเฟรชมีค่ามากเพียงพอจึงทำให้คนเราเห็นภาพได้อย่างต่อเนื่อง
ระบบจอภาพที่มีราคาไม่แพงนั้นมักจะมีอัตรารีเฟรชเท่ากับ 30 ครั้งต่อวินาที
สำหรับรูปแบบการทำงานเพื่อสร้างเส้นสแกนนั้นจะไม่ทำตามลำดับเส้นที่ 1, เส้นที่ 2,.... ดังคำอธิบายข้างต้น
เพราะว่าถ้าทำเช่นนั้นจะทำให้จอภาพเกิดการกะพริบเนื่องจากอัตรารีเฟรชต่ำ
เส้นสแกนช่วงบนของจอภาพกำลังจะจางหายไป
การมาสร้างเส้นสแกนทับเส้นเดิมก็ช้าไปเล็กน้อยทำให้เรารู้สึกว่าภาพหายและจะทำให้เราเห็นว่าจอภาพกะพริบ
การแก้ปัญหาทำได้โดยการเปลี่ยนรูปแบบการสร้างเส้นสแกนไปเล็กน้อย กล่าวคือ
แทนที่จะสร้างทีละเส้นตามลำดับก็ให้แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนขั้นตอนแรกให้สร้างเส้นสแกนที่เป็นเลขคี่คือเส้นที่ 1, เส้นที่ 3, เส้นที่ 5, ... ก่อนแล้วค่อยมาสร้างเส้นสแกนที่เป็นเลขคู่ก็ยังคงอยู่
ทำให้เรารู้สึกว่าภาพยังไม่ได้จากหายไปนั่นคือไม่เกิดการกะพริบ สำหรับบนจอภาพที่มีราคาแพงขึ้น คุณภาพดีขึ้น จะไม่ใช้วิธีนี้ แต่จะมีอัตรารีเฟรชสูงขึ้น เช่น 60 ครั้งต่อวินาที เป็นต้น

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

ในการแสดงภาพหนึ่งภาพจะต้องมีพิกเซลบางจุดที่ต้องสว่างและบางจุดต้องมืด
การที่จะจัดการให้เกิดภาพตามที่ต้องการได้นั้นมีส่วนประกอบ 3 ส่วนที่ใช้ในการจัดการนี้ คือ เฟรมบัฟเฟอร์ (Frame Buffer) , ตัวควบคุมการแสดงภาพ (Display Controller)
และวิธีการแปลงภาพให้เป็นตำแหน่งของพิกเซลที่เหมาะสมในเฟรมบัฟเฟอร์ (Scan Conversion Algorithms)

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ 1. เฟรมบัฟฟเฟอร์

พิกเซลหรือจุดแต่ละจุดที่ปรากฏอยู่บนจอภาพจะสอดคล้องกับค่าบิต (Bit) ที่อยู่ในหน่วยความจำส่วนหนึ่ง
ซึ่งเราเรียกหน่วยความจำส่วนนี้ว่าเฟรมบัฟเฟอร์ หรือบิตแมป (Bit Map) บิตเหล่านี้จะถูกเก็บไว้ในลักษณะตาราง
หน่วยความจำที่ใช้เป็นเฟรมบัฟเฟอร์ในระบบกราฟิกปัจจุบันมักจะแยกออกจากหน่วยความจำหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะทำให้สามารถแสดงภาพออกทางจอภาพได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น

จำนวนแถวของเฟรมบัฟเฟอร์จะเท่ากับจำนวนเส้นแรสเตอร์ที่จอภาพแสดงได้
และจำนวนหลักของเฟรมบัฟเฟอร์จะเท่ากับจำนวนพิกเซลที่มีได้ในเส้นแรสเตอร์แต่ละเส้น
การบอกขนาดของหน่วยความจำที่ใช้เป็นเฟรมบัฟเฟอร์
อาจจะบอกในรูปของจำนวนพิกเซลที่สามารถแสดงบนจอภาพ
หรืออาจจะบอกในรูปจำนวนพิกเซลในหลักคูณจำนวนพิกเซลในแถวก็ได้ เมื่อมีการใส่บิต 1
ลงในเฟรมบัฟเฟอร์ตรงตำแหน่งใดก็ตาม จะเกิดเป็นจุดสว่างบนจอภาพตรงตำแหน่งที่สอดคล้องกับเฟรมบัฟเฟอร์
แต่ละตำแหน่งพิกเซลบนจอภาพและตำแหน่งในหน่วยความจำที่สอดคล้องกันในเฟรมบัฟเฟอร์จะถูกอ้างถึงได้โดยใ
ช้คู่ลำดับ (X,Y) โดยที่ X จะแทนค่าตำแหน่งของหลัก ส่วน Y แทนตำแหน่งของแถว จุด (0,0)
ของระบบพิกัดนี้จะอยู่ที่มุมบนซ้ายของจอภาพ
ข้อมูลในเฟรมบัฟเฟอร์ซึ่งใช้แทนพิกเซลแต่ละจุดนั้นจะประกอบด้วยบิตจำนวนหนึ่ง
สำหรับจอภาพขาวดำซึ่งมีความเข้มเพียง 2 ระดับ ข้อมูลในเฟรมบัฟเฟอร์จะมีเพียง 1 บิต (1-Bit-Plane Frame Buffer) ก็พอ ซึ่งต่างกับจอภาพแบบสีหรือภาพแบบขาวดำที่มีความเข้มหลายระดับข้อมูลสำหรับ 1 พิกเซล
จะต้องมีมากกว่า 1 บิต เช่นถ้าเฟรมบัฟเฟอร์ที่ใช้ 3 บิต นั่นคือ ใน 1 พิกเซลจะมีค่าใช้แทนพิกเซลนี้ได้ 8 ค่า (23)
ซึ่งแต่ละค่จะแทนความเข้ม 1 ระดับ รวมทั้งหมดก็แทนได้ 8 ระดับ จากระดับ 0 ถึงระดับ 23-1 = 7
สำหรับโทรทัศน์ขาวดำถ้าใช้ข้อมูล 8 บิตสำหรับ 1 พิกเซลก็จะสามารถแสดงระดับความเข้มได้ถึง 28 หรือ 256
ระดับและสำหรับระบบจอภาพสีต้องการข้อมูล 24 บิต (24 -Bit-Plane Frame Buffer) โดยที่จะใช้ 8
บิตสำหรับแต่ละแม่สีคือ แดง เขียว และน้ำเงิน ซึ่งตามทฤษฎีจะสร้างสีได้ถึง 224 ซึ่งเท่ากับ 16,777,216 สี
สำรหับจอภาพที่มีความละเอียด 512x512 พร้อมทั้งมีสีได้ครบเต็มที่ จะต้องใช้หน่วยความจำถึง 512x512x24 = 6,291,456 บิต ซึ่งหน่วยความจำของไมโครคอมพิวเตอร์ราคาต่ำๆ ไม่สามารถมีหน่วยความจำขนาดนี้ได้
ดังนั้นข้อมูลต่อ 1 พิกเซลจึงมีแค่เพียง 1 ถึง 4 บิตเท่านั้น

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ 2. ตัวควบคุมการแสดงภาพ ส่วนที่ 2
ของหน่วยการแสดงภาพคือ ตัวควบคุมการแสดงภาพ
ฮาร์ดแวร์ส่วนนี้จะอ่านค่าที่อยู่ในเฟรมบัฟเฟอร์ไปไว้ในวีดีโอบัฟเฟอร์ (Video Buffer)
ซึ่งจะเปลี่ยนค่าบิตเหล่านี้ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งใช้สำหรับควบคุมการแสดงภาพบนจอภาพ ตัวอย่างเช่น
ถ้าตัวควบคุมการแสดงภาพพบค่าบิต 1 ในเฟรมบัฟเฟอร์ที่มีข้อมูล 1 บิตต่อพิกเซล
ก็จะเกิดการส่งสัญญาณแรงดันสูงไปให้ CRT
ซึ่งจะจัดการให้เกิดจุดสว่างบนจอภาพในตำแหน่งที่สอดคล้องกับข้อมูลที่อยู่ในบัฟเฟอร์นั่นเอง

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ 3.
วิธีการแปลงภาพให้เป็นตำแหน่งของพิกเซลที่เหมาะสมในเฟรมบัฟเฟอร์
ส่วนนี้เป็นวิธีการหรือกระบวนการที่ใช้ในการเปลี่ยนคำสั่ง หรือสมการทางกราฟิกให้เป็นค่าที่เหมาะสม
ซึ่งสามารถใช้แทนภาพที่ได้จากสมการหรือคำสั่งนั้นได้แล้วเก็บลงเฟรมบัฟเฟอร์
สำหรับระบบกราฟิกแบบเรสเตอร์สแกนที่มีคุณภาพสูงจะมีการโปรเซสเซอร์จัดการการแสดงภาพโดยเฉพาะ
ส่วนระบบกราฟิกที่เป็นไมโครคอมพิวเตอร์ราคาไม่แพงนัก จะใช้ CPU
ของเครื่องกับโปรแกรมสำหรับจัดการงานต่างๆ ซึ่งทำให้การทำงานทำได้ช้ากว่ามาก
ยากที่จะทำให้ระบบกราฟิกเป็นแบบอินเตอร์แอกทีฟได้
เนื่องจากในการเปลี่ยนแปลงภาพไปเพียงเล็กน้อยจะต้องมีการคำนวณมากมายตามมาเสมอ

2. อุปกรณ์รับข้อมูล

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
ผู้ใช้ระบบอินเตอร์แอกทีฟกราฟิกสามารถติดต่อกับโปรแกรมกราฟิกได้โดยอาศัยอุปกรณ์รับข้อมูล
ในตอนนี้เราจะกล่าวถึงอุปกรณ์รับข้อมูลชนิดที่มีการใช้งานทั่วไปในระบบกราฟิก

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
อุปกรณ์รับข้อมูลที่เรารู้จักกันดีและมีใช้ในระบบกราฟิกเสมอก็คือ แป้นพิมพ์ (Keyboard)
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รับทั้งโปรแกรมและข้อมูลเข้าไปในคอมพิวเตอร์
เมื่อใดที่การกดแป้นพิมพ์รหัสที่ใช้แทนตัวอักษรนั้นก็จะถูกส่งเข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์
และรหัสแต่ละตัวสามารถใช้แทนการทำงานอย่างหนึ่งในโปรแกรมกราฟิกได้

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

อุปกรณ์รับข้อมูลอีกชนิดหนึ่งซึ่งปัจจุบันมีการใช้กันมากพอๆ กับการใช้แป้นพิมพ์ก็คือ เมาส์ (Mouse) เมาส์เป็นอุปกรณ์สำหรับการกำหนดตำแหน่งภาพและเลือกภาพที่ต้องการ ซึ่งปรากฏอยู่บนจอภาพของคอมพิวเตอร์ได้อย่างสะดวกและแม่นยำ การทำงานของเมาส์จะเป็นดังบนจอภาพจะมีสัญลักณ์อย่างใดอย่างหนึ่งสำหรับเป็นตัวชี้ เช่น รูปลูกศร หรือรูปเครื่องหมายบวก ตัวชี้นี้จะเคลื่อนที่ไปบนจอภาพได้ตามการเคลื่อนที่ของเมาส์ บนตัวของเมาส์จะมีปุ่มซึ่งอาจจะมีปุ่มเดียวหรือหลายปุ่มก็ได้ ถ้ามีการกดปุ่มบนเมาส์จะหมายถึงการเลือกภาพหรือบริเวณทำงานซึ่งตัวชี้กำลังชี้อยู่ การเคลื่อนที่และการกดปุ่มของเมาส์ก็คือการส่งข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์นั่นเอง

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ ยังมีอุปกรณ์รับข้อมูลชนิดอื่นๆ อีก ซึ่งเราไม่ค่อยจะได้เห็นมากนักแต่ก็ยังมีการใช้งานกันในระบบกราฟิกรุ่นเก่าๆ หรือไม่ก็ใช้ในงานเฉพาะอย่าง เช่น แพดเดิล (Paddle), จอยสติ๊ก (Joystick) ซึ่งใช้เป็นอุปกรณ์ในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์, ปากกาแสง (Light Pen) เป็นอุปกรณ์รับข้อมูลสมัยแรกๆ ของระบบกราฟิก, ดิจิไตเซอร์ (Digitizer) เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาค่อนข้างแพงจึงไม่นิยมนำมาใช้ในงานทั่วไป ดิจิไตเซอร์จะประกอบด้วยแผ่นรองสำหรับการวาด และอุปกรณ์ประเภทเมาส์ ซึ่งอาจมีรูปร่างเหมือนเมาส์หรือปากกาก็ได้ แผ่นรองจะมีพิกัดคล้ายกับพิกัดบนจอภาพดังนั้นเมื่อเราใช้ปากกาของดิจิไตเซอร์ (Stylus) วาดลงบนแผ่นรองก็จะเกิดเป็นภาพปรากฏบนจอภาพได้เหมือนกับภาพที่เราร่างบนแผ่นรอง งานที่เหมาะกับการใช้ดิจิไตเซอร์ ได้แก่ งานทำแผนที่คอมพิวเตอร์ (GIS) และงานทางด้าน CAD เป็นต้น

3. อุปกรณ์การแสดงผลบนกระดาษ

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ ในระบบกราฟิกจะมีการใช้อุปกรณ์การแสดงผล 2 แบบ คือ เครื่องพิมพ์ (Printer) กับเครื่องวาด (Plotter) ซึ่งมีลักษณะการทำงานแตกต่างกัน

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ เครื่องพิมพ์ที่ใช้กันในปัจจุบันมีหลายชนิดได้แก่ เครื่องพิมพ์แบบจุด (Dot-Matrix Printer) เป็นเครื่องพิมพ์ที่มีราคาถูกมาก ภาพที่ได้จากการพิมพ์จึงมีคุณภาพต่ำจนถึงปานกลาง ความละเอียดในการพิมพ์อยู่ในช่วง 10-120 จุดต่อนิ้ว ปัจจุบันคุณภาพในการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ชนิดนี้ได้สูงขึ้นมากกว่าเดิมแต่ราคาก็เพิ่มสูงมากขึ้นเช่นกัน เครื่องพิมพ์อีกชนิดหนึ่งซึ่งคุณภาพของภาพที่พิมพ์ได้มีคุณภาพดีคือ เครื่องพิมพ์แบบฉีดหมึก (Ink-Jet Printer) เครื่องพิมพ์แบบนี้มีความสามารถในการพิมพ์ภาพสีและภาพที่มีแสงเงาได้เป็นอย่างดี ความละเอียดจะเป็น 200 จุดต่อนิ้วขึ้นไป นอกจากนี้ยังมี เครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์ (Laser Printer) ซึ่งใช้หลักการเดียวกันกับเครื่องถ่ายเอกสารจะให้ภาพที่มีคุณภาพดีมาก ราคาของอุปกรณ์ชนิดนี้จึงจะสูงตามไปด้วย หลักการทำงานของเครื่องพิมพ์จะเหมาะกับการพิมพ์ภาพที่เป็นแบบแรสเตอร์สแกนมากกว่าแบบแรนดอมเวกเตอร์ เนื่องจากการพิมพ์จะพิมพ์ในลักษณะลอกภาพบนจอภาพลงบนกระดาษทีละเส้นสแกน ส่วนภาพที่เป็นแบบแรนดอมเวกเตอร์ อุปกรณ์การแสดงผลที่เหมาะสมก็คือเครื่องวาด

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ เครื่องวาดที่มีใช้ในระบบกราฟิกมีหลายชนิด การแบ่งชนิดจะแบ่งตามลักษณะการทำงาน เช่น เครื่องวาดแบบระนาบ (Flatbed Plotter) การบังคับปากกาของเครื่องวาดจะต้องใช้ 2 แนว คือ แกนกว้างและแกนยาว กระดาษจะวางบนแท่นแล้วลากปากกาไปบนกระดาษ อีกชนิดเรียกว่า เครื่องวาดแบบทรงกระบอก (Drum Plotter) กระดาษจะถูกม้วนอยู่ในแกนหมุนแล้วเคลื่อนที่ เพื่อให้ปากกาลากเส้นได้ถูกตำแหน่ง ส่วนปากกาก็จะเคลื่อนที่ในแกนเดียวกันเท่านั้น เครื่องวาดสามารถให้ผลภาพเส้นที่มีสีได้เป็นอย่างดีและมีคุณภาพของเส้นสูง แต่ภาพที่มีการระบายสีและแสงเงาจะทำได้ไม่ดีนัก เนื่องจากจะช้าและเปลืองหมึกพิมพ์มาก ดังนั้นอุปกรณ์แบบนี้จึงเหมาะกับการแสดงผลภาพที่เป็นแบบแรนดอมเวกเตอร์

ที่มา http://www.geocities.com/websubstudent/graphic.html