บทที่ 5

อุปกรณ์แสดงภาพสเตอริโอสามมิติ

การพยายามสร้างระบบการแสดงผลแบบสเอริโอนั้นความท้าทายและความน่าสนใจอยู่ที่การดำเนินการทั้งในส่วนฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์เพื่อแก้ปัญหาพื้นฐานเพื่อให้สามารถแสดงภาพขนาดเต็มจอ 2 ภาพที่มีความแตกต่างกันลงบนจอแสดงผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งแต่เดิมสามารถแสดงผลลักษณะนี้ได้เพียงภาพเดียว สำหรับงานวิจัยนี้เราจะนำแว่นผลึกเหลว ซึ่งเป็นแบบที่จัดหาได้ ตามร้านจำหน่ายอุปกรณ์ เครื่องเล่นเกมส์ คอมพิวเตอร์ทั่วไป มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการ์ดแสดงผลชนิดซุปเปอร์วีจีเอ (SuperVGA : SVGA) เพื่อทำการสร้างภาพสเตอริโอคู่สลับเชิงเวลาขึ้น โดยหลักการแล้วเราจะทำการสร้างภาพที่มีมุมมองต่างกันเล็กน้อย 2 ภาพขึ้นในหน่วยความจำของการ์ดแสดงผล จากนั้นจะทำการแสดงผลภาพสลับไปมาด้วยความถี่เท่ากับครึ่งหนึ่งของความถี่สัญญาณการกวาดภาพทางแนวตั้งของจอแสดงผลพร้อมกับทำการเปิด-ปิดเลนส์ของแว่นผลึกเหลวให้สัมพันธ์กัน เพื่อให้ตาข้างซ้ายของผู้สังเกตเห็นเฉพาะภาพด้านซ้าย และตาข้างขวาเห็นเฉพาะภาพด้านขวา โดยการทำเช่นนี้ผู้สังเกตจะเห็นภาพ 3 มิติ ที่มีความลึกอย่างแท้จริง

ผลการวิจัยหลายแห่งชี้ว่า ในการแสดงภาพสเตอริโอคู่สลับเชิงเวลานี้ ถ้าต้องการให้ภาพที่ได้ไม่มีอาการสั่นพริ้ว จะต้องแสดงภาพ สำหรับดวงตาแต่ละ ข้างด้วยอัตรา 60 ภาพต่อวินาที เป็นอย่างน้อยซึ่งหมายถึงจะต้องใช้จอแสดงผลชนิดที่มีความถี่ในการกวาดภาพทางแนวตั้ง 120 Hz ในการวิจัยนี้เนื่องจากเราใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ไอบีเอ็ม พีซี ซึ่งจอแสดงผลส่วนใหญ่ทำงานที่ความถี่การกวาดภาพ 60-72 Hz ทำให้อัตราการแสดงภาพสำหรับตาแต่ละข้างเหลือเพียงประมาณ 30 ภาพ ต่อวินาที แต่อย่างไรก็ตามภาพที่ได้จากระบบนี้ก็มีคุณภาพพอสมควร เมื่อเทียบกับระบบที่มีราคาแพงกว่า

แว่นผลึกเหลว

ในอุตสาหกรรมการผลิตแว่นชนิดนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่คือ ระดับคุณภาพสูงและคุณภาพปานกลาง ระดับคุณภาพสูงจะเป็นระบบที่ทำงานด้วยความถี่ประมาณ 120 Hz ขึ้นไป

บริษัทชั้นนำในด้านนี้ คือ บริษัท StereoGraphics Corporation บริษัทดังกล่าวได้ริเริ่มในการผลิตแว่นผลึกเหลวสำหรับการแสดงผลสเตอริโอบนเครื่องพีซีคอมพิวเตอร์มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์รุ่นที่มีชื่อเสียงมากคือ รุ่น Crystal Eyes ซึ่งเป็นแว่นผลึกเหลวแบบไร้สาย ทำงานโดยใช้แบตเตอรี่ 3 V. แบบลิเธียมขนาดเล็ก 2 ก้อน ร่วมกับกล่องควบคุมการเปิด-ปิดเลนส์ ซึ่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณอินฟาเรดมาให้กับแว่นผลึกเหลว โดยจะวางอยู่บนจอภาพเพื่อให้อยู่ตรงหน้าผู้งานพอดี ระบบนี้จะทำงานร่วมกับจอภาพพิเศษแบบหลายความถี่ (Multisync) ที่มีความถี่ของสัญญาณการกวาดภาพทางแนวตั้ง 120 Hz ขึ้นไป เพื่อให้ได้ภาพที่ปราศจากการสั่น (Flicker Free) ทำให้ผู้ใช้รู้สึกสบายตา อย่างไรก็ตามระบบนี้ก็ต้องการคอมพิวเตอร์ที่สามารถประมวลผลภาพ ด้วยความเร็วสูง เพื่อสร้างภาพให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

สำหรับระดับคุณภาพปานกลาง โดยส่วนใหญ่จะใช้แว่นผลึกเหลวชนิดที่ บริษัท Sega Electronics Corporation ผลิตขึ้นเพื่อใช้ร่วมกับเครื่องเล่นเกมภายในบ้านรุ่น Sega Master Video Game ซึ่งมีราคาประมาณ 50 $US (เฉพาะแว่น) แต่ปัจจุบัน บริษัทเลิกผลิตแว่นตาชนิดนี้แล้ว อย่างไรก็ตามมีบริษัทอื่นๆ ทั้งที่อยู่ในอเมริกา และญี่ปุ่น ยังคงผลิตแว่นตาชนิดนี้จำหน่ายอยู่ในราคาใกล้เคียงกัน แว่นชนิดนี้จะมีสายสัญญาณต่อจากตัวแว่นไปที่กล่องควบคุม ซึ่งจะทำหน้าที่รับคำสั่งเปิด-ปิดแว่นจากทางพอร์ตสื่อสารอีกทอดหนึ่ง

ระบบนี้จะทำงานโดยใช้โปรแกรมควบคุมที่ออกแบบมาเพื่อทำงานในระดับความถี่แสดงภาพประมาณ 60-72 Hz ซึ่งจะพบว่ามีการสั่นของภาพเกิดขึ้น มีรายงานว่าผู้ใช้หลายรายไม่สามารถทนต่ออาการสั่นของภาพได้เนื่องจากทำให้รู้สึกปวดหัว แต่ก็พบว่ามีผู้ใช้จำนวนมากสามารถปรับตัวให้เข้ากับอาการสั่นของภาพได้ หลังจากใช้งานไปประมาณ 5-10 นาที

การวิจัยพบว่า สาเหตุใหญ่ของอาการสั่นของภาพมาจาก 2 แหล่งคือ

1. แสงไฟภายนอก (Room Flicker) มักมีสาเหตุมาจากแสงไฟภายในห้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลอด ฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งการแก้ไขสามารถทำได้โดยปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ในห้องนั้นเสีย

2. ภาพที่แสดง (Image Flicker) มีสาเหตุมาจากความเข้มของแสงในภาพ บวกกับอัตราการแสดงของภาพต่ำเกินไป ปัจจัยนี้ค่อนข้างแก้ไขลำบากในระบบเช่นนี้ แต่อย่างไรก็ตาม การทดลองปรับความเข้มของจอภาพอาจช่วยได้บ้าง หรือบางครั้ง การปรับโทนสีของภาพอาจช่วยได้เช่นกัน

การทำงานของแว่นผลึกเหลว

ในการวิจัยนี้ เราจะใช้ระบบแว่นที่มีคุณภาพปานกลาง ซึ่งแว่นในระบบนี้จะทำงานโดยรับสัญญาณควบคุม 3 เส้นจากกล่องควบคุม คือ สัญญาณร่วม (Ground), สัญญาณช่องซ้าย (Left), และสัญญาณช่องขวา(Right) โดยทั้ง 3 สัญญาณจะเป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Square Wave) มีความถี่ประมาณ 1 KHz และมีระดับสัญญาณประมาณ 12 โวลท์ ดังแสดงในรูปที่ 5.1

(ก) สัญญาณร่วม

(ข) สัญญาณช่องซ้ายต่างเฟสกับสัญญาณร่วม ผลึก LCD เรียงตัวกั้นแสง

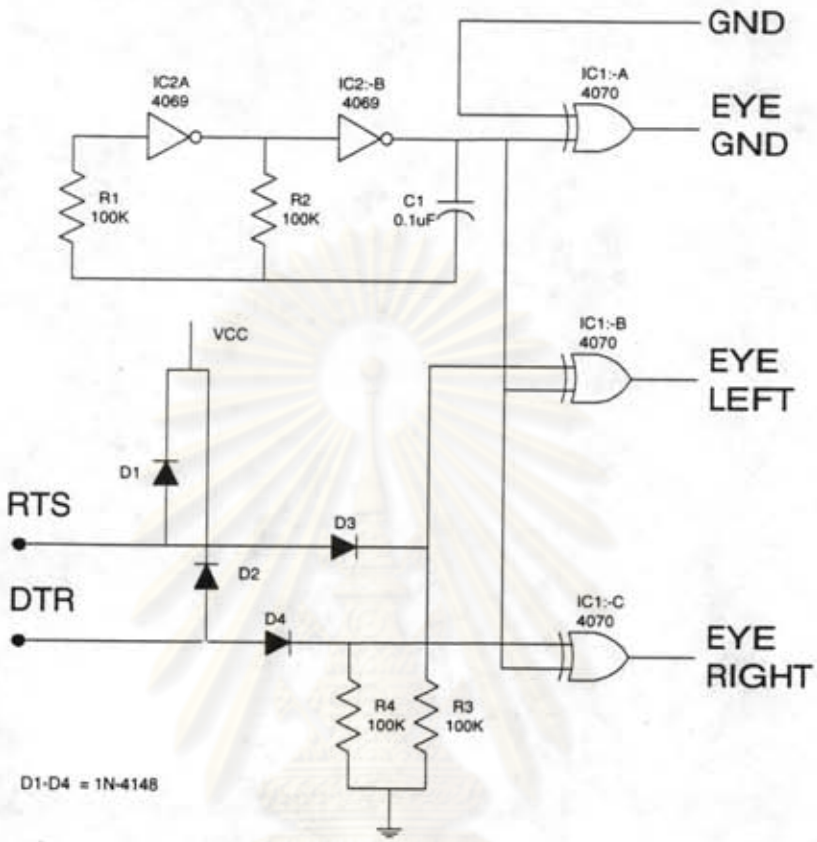
(ค) สัญญาณช่องขวาเฟสเหมือนกับสัณฌาณร่วม ผลึก LCD เรียงตัวผ่านแสง

รูปที่ 5.1 แสดงสัญญาณที่ใช้ควบคุมแว่นผลึกเหลว

จากรูปแสดงให้เห็นว่า ถ้าต้องการให้เลนส์ข้างใดของแว่นเปิด ให้ทำการจ่ายสัญญาณที่มีสัญญาณเฟสเหมือนกับสัญญาณร่วมเข้าที่สายสัญญาณของเลนส์ข้างนั้น ทำนองเดียวกันถ้าต้องการให้เลนส์ข้างใดปิดให้ทำการจ่ายสัญญาณที่มีคามต่างเฟส 180 องศา เข้าที่สายสัญญาณข้างนั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วงจรควบคุม และเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์



รูปที่ 5.2 แสดงวงจรควบคุม และเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

ที่มา วรุตม์ ทวีทรัพย์ และ ทัชพล ไทยทองสุข **3DWIN** Computer engineering senior projrct Chulalongkorn, 1993

จากรูป IC2A และ IC2B ต่อร่วมกันเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม ความถี่ 1 KHz แล้วทำการป้อนเข้ากับ IC1A เพื่อสร้างเป็นสัญญาณร่วม

สัญญาณ RTS และ DTR จากพอร์ตสื่อสารใช้ในการควบคุมเลนส์ของแว่นข้างซ้ายและขวาตามลำดับ โดยที่ ถ้าสัญญาณมีศักย์เป็น 1 จะเป็นการเปิดเลนส์ข้างนั้น ทำนองเดียวกัน ถ้ามีศักย์เป็น 0 จะเป็นการปิดเลนส์ข้างนั้น ทั้งนี้ โดยทำการควบคุมเฟสของสัญญาณตามที่กล่าวไปแล้ว การประสานจังหวะกับสัญญาณการกวาดภาพทางแนวตั้งทำโดยการนำสัญญาณ Vsync จากการ์ดแสดงผลมาต่อเข้ากับขาสัญญาณ RI เพื่อใช้ในการกระตุ้นให้เกิดการอินเตอร์รัพท์ โปรแกรมบริการจะทำหน้าที่สลับภาพพร้อมทั้งควบคุมการเปิด-ปิด เลนส์ของแว่นให้สัมพันธ์กันอีกทอดหนึ่ง

ระบบการแสดงผล

ดังได้กล่าวแล้วว่า การแสดงผลแบบภาพคู่สลับเชิงเวลานั้นอาศัยการเตรียมภาพ 2 ภาพไว้ในหน่วยความจำของการ์ดแสดงผล ซึ่งนั้นหมายความถึงการ์ดแสดงผลจะต้องสนับสนุนการจัดหน่วยความจำเพื่อรองรับการแสดงผลแบบหลายหน้า (Multiple Display Page) ในภาวะความละเอียดของการแสดงภาพขณะนั้นๆ ในการ์ดแสดงผลชนิดวีจีเอแบบมาตรฐาน (standard VGA) มีเพียงภาวะการแสดงผลหมายเลข 10h เท่านั้นที่รองรับการแสดงผลแบบ 2 หน้าความละเอียดในการแสดงผลในภาวะนี้เพียง 640x350 จุด โดยสามารถแสดงสีได้พร้อมกัน 16 สี

แต่เนื่องจากระบบการแสดงผลของไมโครซอฟต์วินโดส์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่นิยมแสดงผลในภาวะความละเอียดต่ำเช่นนี้ โดยส่วนใหญ่จะเริ่มต้นที่ความละเอียด 640x480 จุด 16 สี ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงจำเป็นต้องใช้การ์ดแสดงผลชนิดซุปเปอร์วีจีเอ (SuperVGA:SVGA) ขึ้นไปเท่านั้น

การ์ดแสดงผลแบบซุปเปอร์วีจีเอ

จากความสำเร็จของการ์ดแสดงผลชนิดวีจีเอแบบมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางให้เป็นมาตรฐานของการ์ดแสดงผลบนเครื่อง ไอบีเอ็ม พีซี คอมพิวเตอร์ ทำให้มีผู้ผลิตวงจรควบคุม (Chip) สำหรับควบคุมการ์ดแสดงผลชนิดนี้กันมากมาย พร้อมกันนั้นก็ยังเพิ่มขีดความสามารถต่างๆ เข้าไปในตัววงจรควบคุมเหล่านี้ ทำให้มันมีขีดความสามารถมากกว่าวงจรควบคุมที่ใช้ควบคุมการ์ดวีจีเอแบบมาตรฐานในหลายๆด้าน เราเรียกการ์ดแสดงผลที่ใช้วงจรควบคุมเหล่านี้ว่า ซุปเปอร์วีจีเอ แต่จากการที่ไม่มีหน่วยงานกลางกำหนดมาตรฐานสำหรับการ์แสดงผลที่เพิ่มขีดความสามารถขึ้นนี้ ทำให้ผู้ผลิตวงจรควบคุมเหล่านี้ต่างคนต่างพัฒนาวงจรควบคุมของตนเอง เป็นผลให้วงจรควบคุมของแต่ละบริษัทมีโครงสร้างการทำงานแตกต่างกันมาก การพัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมการ์ดแสดงผลชนิดซุปเปอร์วีจีเอนั้น ผู้พัฒนาจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในการทำงานของวงจรควบคุมแต่ละเบอร์ ซึ่งเป็นเรื่องเฉพาะด้านเป็นอย่างมาก

อย่างไรก็ตามแม้ว่ารายละเอียดการทำงานภายในของตัววงจรควบคุมจะแตกต่างกัน แต่เนื่องจากวงจรควบคุมเหล่านี้ผลิตขึ้นมาโดยมีวงจรควบคุมวีจีเอแบบมาตรฐานเป็นพื้นฐานในการอ้างอิง กอปร์กับมีการตกลงรายละเอียดบางอย่างระหว่างผู้ผลิตรายใหญ่ทำให้มาตรฐานบางอย่างสามารถกำหนดขึ้นได้ เช่น ความละเอียดในการแสดงผล (การ์ดทุกชนิดจะมีภาวะความละเอียดที่เหมือนกัน เช่น 640x480 800x600 1024x768 เป็นต้น) หรือการกำหนดวิธีการแปลงแอดเดรสโดยใช้รีจีสเตอร์สำหรับเลือกหน้า (Paging Register)

กล่าวโดยสรุปสิ่งที่การ์ดซุปเปอร์วีจีเอเหนือกว่าการ์ดวีจีเอมาตรฐานตรงที่มีความสามารถเหนือกว่า ทำงานเร็วกว่า ขนาดของวงจรเล็กกว่า มีหน่วยความจำมากกว่า และมีความละเอียดในการแสดงผลสูงกว่า ดังสรุปได้ดังตาราง 5.1

ตาราง 5.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของการ์ดแสดงผลชนิดซุปเปอร์วีจีเอ

ที่มา Feraro, R.F. **Programmer guide to the EGA and VGA cards 2nd ed** (New York:Adison-Wesley,1990), p. 597

คุณสมบัติเด่น	ซุปเปอร์วีจีเอ	วีจีเอแบบมาตรฐาน
ความสามารถพิเศษมากกว่า	ความละเอียดสูงสุดที่ 16 สี 1024x768	ความละเอียดสูงสุดที่ 16 สี 640x480
	ความละเอียดสูงสุดที่ 256 สี 1024x768	ความละเอียดสูงสุดที่ 256 สี 320x200
	ใช้ DAC แบบ 8 บิต/สี	ใช้ DAC แบบ 6 บิต/สี
	หน่วยความจำสูงสุด 2 MB.	หน่วยความจำสูงสุด 256 KB.
	มีฮาร์ดแวร์เคอร์เซอร์	
	มีแบบตัวอักษรทั้งแบบเล็ก -แบบใหญ่	
	สามารถทำระบบอินเตอร์รัพท์ได้	
	สามารถดาวน์โหลดแบบตัวอักษรได้	
ความเร็วสูงกว่า	มีบัสขนาด 16 บิต	มีบัสขนาด 8 บิต
	มีคิวสำหรับการติดต่อ	
	สามารถเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบหน้าคู่(Dual Paging)	
	สามารถย้าย ROM BIOS ไป ไว้ใน RAM ได้ (Shadow RAM)	
	แอดเดรสของหน่วยความจำ แบบต่อเนื่อง	
ขนาดเล็กกว่า	ใช้วงจรควบคุมแบบ VLSI ASIC	ใช้วงจรควบคุมแบบทั่วไป
	มักใช้วงจรหน่วยความจำแบบ 1 M	มักใช้วงจรหน่วยความจำ แบบ 64 K. หรือ 256 K.
	การเปลี่ยนความถี่ ใช้วิธี โปรแกรม	ต้องมีวงจรความถี่หลายชุด
	การผลิตใช้เทคโนโลยี SMT(Surface Mount Technology)	การผลิตมักเป็นแบบ PTH (Plated Through Hole)

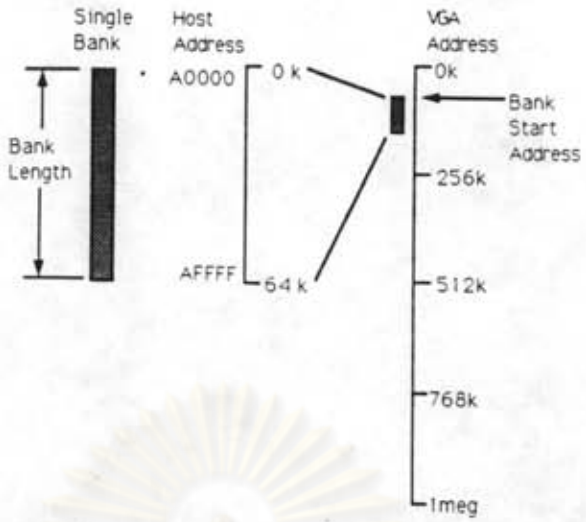
การจัดหน่วยความจำ

ระบบการจัดหน่วยความจำของการ์ดซุปเปอร์วีจีเอเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากต่องานวิจัยนี้ทั้งนี้เนื่องจากเราต้องอาศัยการสร้างภาพ 2 ภาพในหน่วยความจำของการ์ดแสดงผล การจะทำเช่นนี้ได้เราจะต้องทำความเข้าใจถึงกระบวนการที่ใช้ ในการจัดเรียงหน่วยความจำ รวมไปถึงวิธีการติดต่อกับหน่วยความจำเหล่านั้นด้วย ในระบบหน่วยความจำของ พีซี คอมพิวเตอร์ ผู้ออกแบบได้ทำการกำหนดช่วงของหน่วยความจำที่บริเวณ A0000-BFFFh จำนวน 128 KB. ไว้เพื่อให้เป็นพื้นที่สำหรับทำการแสดงผล แต่เนื่องจากการ์ดแสดงผลในระบบพีซีมีหลายแบบเช่น MDA Hercules และ CGA ทำให้ต้องมีการแบ่งพื้นที่ในส่วนนี้เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาความไม่เข้ากัน ดังนั้นในการออกแบบการ์ดแสดงผลในตระกูลวีจีเอจึงต้องใช้พื้นที่หน่วยความจำในช่วง A0000-AFFFh จำนวน 64 KB เท่านั้นในการทำงาน จากข้อจำกัดดังกล่าว วงจรควบคุมของการ์ดแสดงผลแบบวีจีเอ (และซุปเปอร์วีจีเอ) จึงต้องทำการแบ่งหน่วยความจำบนการ์ดออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้สามารถบรรจุลงในพื้นที่ 64 KB. ที่ยังว่างอยู่ได้ การ์ดแสดงผลในระดับซุปเปอร์วีจีเอที่มีหน่วยความจำมากถึง 1 MB. จึงต้องแบ่งหน่วยความจำออกเป็นหลายส่วน โดยการจัดให้หน่วยความจำวางอยู่ในลักษณะซ้อนทับ (Overlaying) กับของชุดหน่วยความจำ ซึ่งต่อไปนี้จะขอเรียกสั้นๆว่า แบงค์ (Bank) แต่ละแบงค์มีขนาดไม่เกิน 64 KB.

ลักษณะวิธีที่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำบนการ์ดแสดงผล แบ่งออกเป็นสองลักษณะคือ ระบบหน้าเดี่ยว (Single Paging System) และ ระบบหน้าคู่ (Dual Paging System) (Feraro, 1988)

1. ระบบหน้าเดี่ยว

รูปแสดงลักษณะของหน่วยความจำทั้งในมุมมองจากหน่วยประมวลผลกลาง และการ์ดแสดงผลแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 แสดงผังการวางหน่วยความจำในระบบหน้าเดียว

ที่มา Feraro, R.F. **Programmer guide to the EGA and VGA cards 2nd ed** (New York:Adison-Wesley,1988), p. 654

จากรูป Bank Start Address จะเป็นตัวกำหนดว่าแบงค์ที่ต้องการใช้จะอยู่ส่วนไหนในหน่วยความจำบนการ์ดแสดงผล Host Address Space ซึ่งมีขนาด 64 KB. จะอยู่ที่ A0000-AFFFFh เสมอ และขนาดของแบงค์ กำหนดให้คงที่ 64KB ในการติดต่อกับหน่วยความจำแบงค์นี้ เช่น ต้องการเขียนสิ่งที่เราต้องทำก็คือ กำหนดค่า ES รีจิสเตอร์ให้มีค่าเป็น A000h และ กำหนดค่า DI รีจีสเตอร์ให้เป็นค่า ออฟเซตที่ต้องการ, ถ้าต้องการติดต่อกับหน่วยความจำนอกแบงค์นี้เราก็จะต้องทำการกำหนด Bank Start Address ใหม่เพื่อให้ตำแหน่งที่เราต้องการอยู่ในแบงค์ใหม่นี้

จะเห็นว่าวิธีนี้การไม่สะดวกในกรณีต้องการถ่ายข้อมูลจากหน่วยความจำซึ่งไม่อยู่ในแบงค์เดียวกัน ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการย้ายข้อมูลจากตำแหน่งที่ 766 - 832 KB. ไปไว้ที่ตำแหน่ง 0-64KB. จะเห็นว่าเราจะต้องทำการกำหนดค่า Bank Start Address ให้มีค่าเท่ากับหน่วยความจำต้นทาง อ่านค่าขึ้นมา จากนั้นเปลี่ยน Bank Start Address ให้มีค่าเท่ากับหน่วยความจำปลายทาง เขียนค่านั้นลงไป วนรอบทำเช่นนี้จนหมดข้อมูลที่ทำการย้าย

สำหรับตัวอย่างนี้เราสมมุติว่าหน่วยความจำบนการ์ดแสดงผลมีขนาด 1 MB ซึ่งจะต้องใช้แอดเดรสขนาด 20 บิต จากข้อกำหนดที่ว่าขนาดของแบงค์เท่ากับ 64 KB. นั้นหมายถึงจะต้องใช้แอดเดรส 16 บิตในการกำหนดออฟเซตในแบงค์ และที่เหลืออีก 4 บิต ใช้ในการกำหนดหมายเลขแบงค์

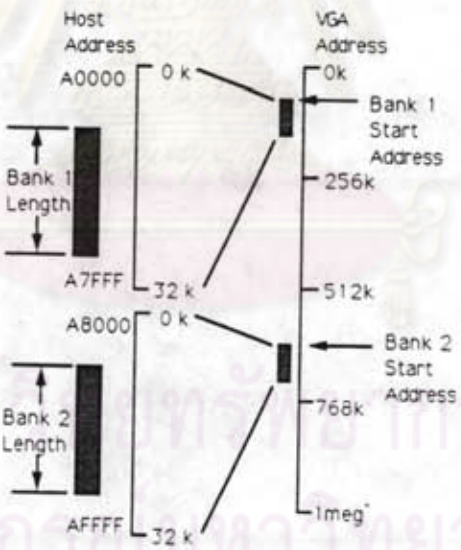
จากตัวอย่างที่ให้มาจะเห็นว่าถ้าต้องการให้การโอนย้ายข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็วที่สุดก็ควรย้ายข้อมูลอยู่เฉพาะภายในแบงค์ แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ก็ต้องทำโดยการเคลื่อนย้ายข้อมูลครั้ง

ละไม่เกินความยาวแบงค์ แล้วใช้วิธีเคลื่อนย้ายหลายครั้งต่อเนื่องกัน โดยการขยับต่อกันไปเรื่อยๆ ซึ่งในแต่ละครั้งของการเคลื่อนย้ายเราก็จะทำการกำหนดค่า Bank Start Address สำหรับแบงค์นั้นๆ ไว้ก่อน

ข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่งของระบบหน้าเดี่ยว คือผู้ผลิตวงจรควบคุมควบคุมการ์แสดงผลบางรายไม่ออกแบบให้รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมหมายเลขแบงค์ให้อยู่ในจุดที่มีการเรียกใช้ได้ง่ายและรวดเร็ว บางรายออกแบบให้ต้องติดต่อกับวงจรควบคุมหลายครั้ง กว่าจะกำหนดหมายเลขแบงค์ได้ ซึ่งทำให้การเคลื่อนย้ายข้อมูลข้ามแบงค์ใช้เวลาค่อนข้างมาก

2. ระบบหน้าคู่

ระบบนี้ทำการแก้ปัญหาการย้ายข้อมูลข้ามแบงค์ โดยการกำหนดให้มี Bank Start Adress 2 ชุด ดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แสดงผังการวางหน่วยความจำในระบบหน้าคู่

ที่มา Feraro, R.F. **Programmer guide to the EGA and VGA cards 2nd ed**

(New York:Adison-Wesley,1988), p. 656

ในการเคลื่อนย้ายข้อมูลข้ามแบงค์ของระบบหน้าคู่นั้นสามารถทำได้โดยการกำหนด Bank Start Address ชุดที่ 1 ไว้ที่แอดเดรสต้นทาง, กำหนด Bank Start Address ชุดที่ 2 ไว้ที่แอดเด

รสปลายทาง, กำหนดค่า ES และ DS รีจิสเตอร์ไว้ที่ A000 เท่ากัน กำหนดค่า SI และ DI รีจิสเตอร์ไว้ที่ออฟเซตที่ต้องการ และกำหนด CX รีจิสเตอร์ให้เท่ากับจำนวนข้อมูลที่ต้องการเคลื่อนย้าย จากนั้นกระทำคำสั่ง REP MOVX

ความเร็วของการเคลื่อนย้ายข้อมูลจะถูกจำกัดด้วยปัจจัย 2 อย่าง คือ ชนิดของบัสในระบบ (8,16,32 บิต) และ ความเร็วในการตอบสนองของ RAM.

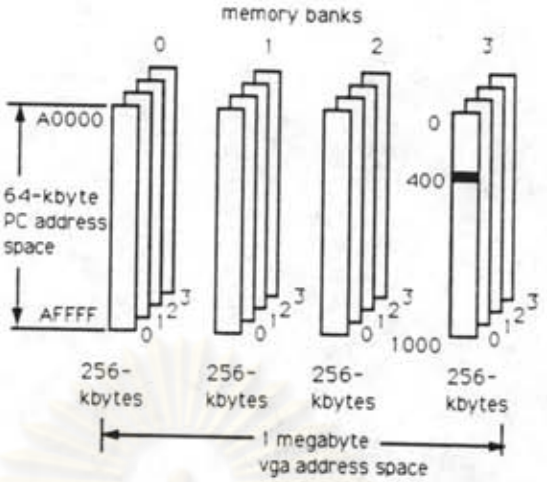
การจัดเรียงข้อมูลในการ์ดแสดงผล

งานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการแสดงผลในภาวะ 16 สี เท่านั้น เนื่องจากเป็นภาวะที่ผู้ใช้วินโดส์ส่วนใหญ่นิยมใช้กัน ในภาวะนี้หน่วยความจำจะถูกจัดวางให้เรียงเป็น 4 ระนาบ (Plane) วางซ้อนกันอยู่เรียกการจัดเรียงในลักษณะนี้ว่า พลานาร์ (Planar) โดยในการแสดงผลจุดภาพ (Pixel) หนึ่งๆ จะใช้ข้อมูล 4 บิต กระจายกันลงไประนาบละ 1 บิต และเนื่องจากการเขียน-อ่านข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผลกลางกับหน่วยความจำจะเป็นระดับไบต์เป็นอย่างต่ำ ดังนั้นจึงมี 8 จุดภาพต่อ 1 ไบต์ หน่วยความจำจะซ้อนกันอยู่บนแอดเดรสเดียวกัน การเขียน-อ่าน ลงในหน่วยความจำนี้จึงต้องมีการกำหนดระนาบของหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อด้วยผ่านทางรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมก่อน

การเขียนลงในหน่วยความจำ แมพมาสค์รีจิสเตอร์ (Map Mask Register) จะทำหน้าที่เป็นผู้กำหนดระนาบของหน่วยความจำที่ต้องการและเนื่องจากรีจิสเตอร์นี้ออกแบบมามีบิตควบคุมหน่วยความจำแต่ละระนาบแยกจากกัน เราจึงสามารถกำหนดการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำพร้อมกันได้มากว่า 1 ระนาบ ต่อการเขียนครั้งหนึ่ง

ส่วนการอ่านจากหน่วยความจำ รีดแมพซีเลครีจิสเตอร์ (Read Map Select Register) จะทำหน้าที่เป็นผู้กำหนดระนาบของหน่วยความจำที่ต้องการ แต่รีจิสเตอร์นี้จะอนุญาตให้อ่านข้อมูลได้จากหน่วยความจำคราวละ 1 ระนาบเท่านั้น เพื่อป้องกันการชนกันของข้อมูลบนบัสอันเกิดจากการอ่านข้อมูลจากหลายระนาบ(ลักษณะนี้จะไม่เกิดกับการเขียนข้อมูลลงบนหน่วยความจำพร้อมกันหลายๆ ระนาบ)

หน่วยความจำแสดงผลในการ์ดซุปเปอร์วีจีเอนั้นจะมีมากว่า 256 KB. ซึ่งทำให้ต้องหากลไกมาทำการแบ่งหน่วยความจำออกเป็นหลายๆ แบงค์ รูปที่ 5.5 แสดงการจัดหน่วยความจำของการ์ดซุปเปอร์วีจีเอที่มีหน่วยความจำแสดงผล 1 MB. และทำงานในภาวะ 16 สี



รูปที่ 5.5 การจัดเรียงหน่วยความจำของการ์ดซุปเปอร์วีจีเอ 1 MB.

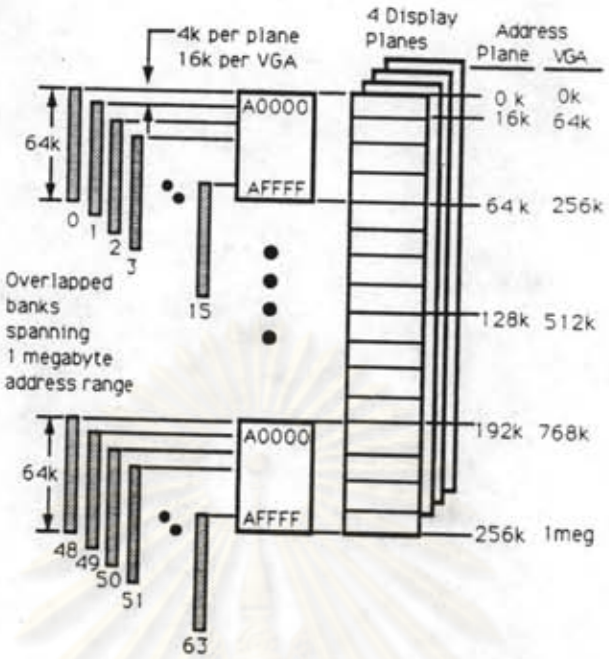
ที่มา Feraro, R.F. **Programmer guide to the EGA and VGA cards 2nd ed** (New York:Adison-Wesley,1988), p. 658

จากรูปจะเห็นว่าหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ชุด, ชุดละ 256 KB. โดยที่จะแบ่งเป็นระนาบ, ระนาบละ 64 KB. วางซ้อนกันอยู่ที่แอดเดรส A0000-AFFFFh

สมมุติว่าเราต้องการเขียนข้อมูล 1 ไบต์ลงไปที่ตำแหน่ง 400h ในระนาบหมายเลข 0 ของหน่วยความจำชุดที่ 3 จากหน่วยประมวลผลกลาง เราจะทำได้โดยการกำหนดให้ แมพมาสคีรีจิสเตอร์ เปิดหน่วยความจำระนาบหมายเลข 0, กำหนดค่ารีจีเตอร์ควบคุมชุดหน่วยความจำเลือกหน่วยความจำชุดที่ 3, กำหนดค่า ES รีจีสเตอร์ไว้ที่ A000h และ DI ไว้ที่ 400h จากนั้นเขียนข้อมูลลงไปโดยใช้รีจีสเตอร์ ES:DI

ในการ์ดซุปเปอร์วีจีเอทุกชนิดจะกำหนดหน่วยความจำที่ใช้งานโดยการกำหนด Bank Start Address และขนาดของแบงค์

ตัวอย่างเช่น สมมุติว่าขนาดของแบงค์ เป็น 64 KB. และ Bank Start Address สามารถเพิ่มค่าได้ช่วงละ 64 KB ช่วงที่เพิ่มขึ้นนี้เรียกว่าความละเอียดในการปรับแบงค์ (Granularity) ค่าความละเอียดเท่ากับ 64 KB.นี้ มีชื่อเฉพาะว่า "ค่าเพร็ทตี้" (Pretty granulalrity) โดยส่วนใหญ่การ์ดซุปเปอร์วีจีเอจะใช้ค่าความละเอียดที่ 4 KB. โดยให้ความยาวแบงค์คงที่ ที่ 64 KB. ซึ่งจะทำให้แบงค์แต่ละแบงค์เหลื่อมกัน 4 KB. ดังแสดงในรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 แสดงการเหลื่อมกันของหน่วยความจำแต่ละ แบงค์

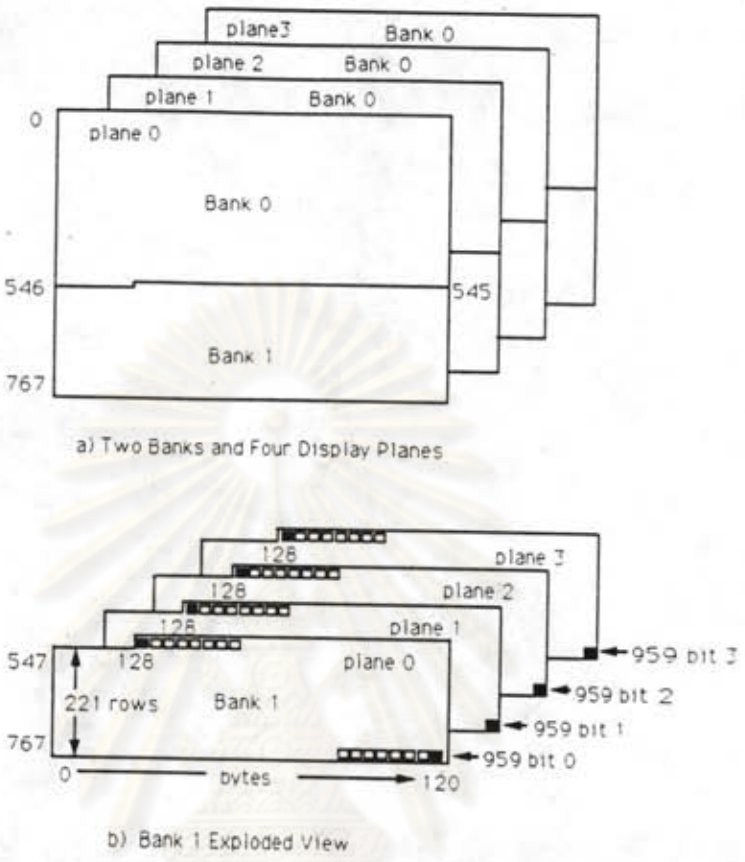
ที่มา Feraro, R.F. **Programmer guide to the EGA and VGA cards 2nd ed** (New York:Adison-Wesley,1988), p. 659

ตามรูป 5.6 คอลัมน์ขวามือสุดแสดงขอบเขตแอดเดรสเมื่อมองจากการ์ดแสดงผล, คอลัมน์ถัดมาแสดงขอบเขตแอดเดรส เมื่อมองเป็นระนาบ และคอลัมน์ถัดมา แสดงให้เห็นว่ามีหน่วยความจำอยู่ 4 ระนาบ จากรูปจะเห็นว่า แต่ละแบงค์จะมีความยาว 64 KB. และเหลื่อมกัน 4 KB. จากจุดนี้เราจะเห็นว่าต้องใช้จำนวนแบงค์ถึง 16 แบงค์ เพื่อคลอบคลุมพื้นที่ขนาด 64 KB. เมื่อคิดยอดรวมของหน่วยความจำในการ์ดแสดงผลแล้วต้องใช้ถึง 64 แบงค์ จึงจะคลอบคลุมพื้นที่ 1 MB.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การแสดงผลในภาวะ 16 สี และการจัดแบ่งหน่วยความจำ

หลักในการจัดการหน่วยความจำในภาวะ 16 สี สามารถแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 การจัดแบ่งหน่วยความจำในการแสดงผล 16 สี

ที่มา Feraro, R.F. **Programmer guide to the EGA and VGA cards 2nd ed** (New York:Adison-Wesley,1988), p. 660

รูป (a) แสดงให้เห็นถึงการใช้หน่วยความจำ 2 แบงค์ ในการแสดงผล 1 หน้าจอ ให้สังเกตว่า รอยต่อของแบงค์ 0 และแบงค์ 1 เกิดขึ้นในช่วงกลางของเส้นสแกน (Scan Line) ซึ่งจะเป็นกรณีที่จำนวนไบต์ต่อเส้นสแกนไม่ใช่ หรม. ของ 65536 (64 KB.)

ในรูป (b) แสดงภาพขยายเฉพาะส่วนของแบงค์ 1 จะเห็นว่ารอยต่อเริ่มขึ้นที่จุดภาพที่ 128 ซึ่งอยู่ในไบต์ 16 ของเส้นสแกนที่ 546 จุดภาพที่ 128 นี้ ตรงกับบิตที่ 7 ของหน่วยความจำทั้ง 4 ระนาบที่ตำแหน่งนี้เมื่อเขียนจุดภาพนี้ จะตรงกับข้อมูลไบแรกของแบงค์ 1 โดยที่จุดภาพสุดท้าย (หมายเลข 959) จุดภาพนี้จะตรงกับบิต 0 ของไบต์ที่ 120 บนเส้นสแกนที 767 ซึ่งเท่ากับไบต์ที่ 26623 ในแบงค์ 1

ตัวเลข 26623 ได้มาจากการนำความละเอียดของภาวะการแสดงผล 960x768 หารด้วย 8 (8 จุด ภาพต่อ 1 ไบต์) ซึ่งผลลัพท์เท่ากับ 92160 ไบต์ แสดงว่าต้องใช้หน่วยความจำ 2 แบงค์ โดยแบงค์ 0 จะบรรจุข้อมูลของเส้น สแกนที่ 0-545 กับ เศษอีกเล็กน้อย และแบงค์ 1 เริ่มจากส่วนที่เหลือบนเส้นสแกนที่ 545 กับอีก 221 เส้นสแกน (545-767) ดังนั้นไบต์ที่ 120 ของเส้นสแกนที่ 767 คือ

(221x120) + 104 = 26624 ซึ่งคือ ไบต์ 26623 ในแบงค์ 1 นั่นเอง

ความละเอียดในการแสดงผล ในภาวะ 16 สีนี้มีหลายระดับ เริ่มตั้งแต่ 320 x 200 จนถึง 1280x1024 แผนภาพแสดงการจัดหน่วยความจำแสดงได้ดังในรูปที่ 5.8-5.13 และสรุปเป็นตารางคุณสมบัติได้ดังนี้

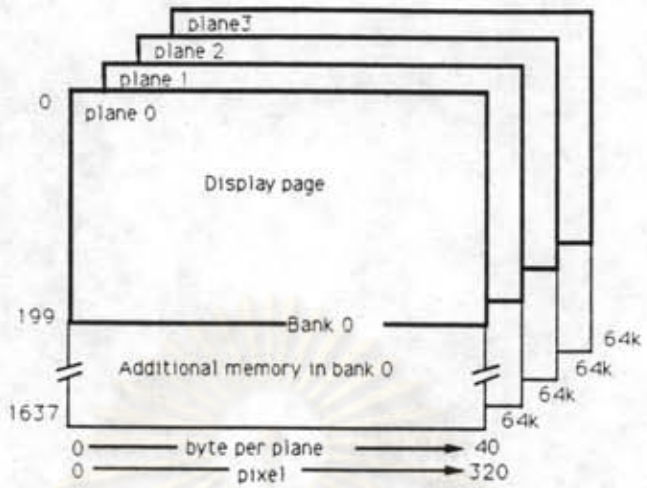
รูปที่	ความละเอียด	หน่วยความจำที่ต้องการ	จำนวนหน้าใน 1 MB.	จำนวนแบงค์ต่อ 1 หน้า
5.8	320x200	320,000	32	1
5.9	640x480	153,600	6	1
5.10	800x600	240,000	4	1
5.11	960x720	345,600	3	2
5.12	1024x768	393,216	2	2
5.13	1280x1024	655,360	1	3

ตาราง 5.2 สรุปความละเอียดการแสดงผลในภาวะ 16 สี

ที่มา Feraro, R.F. **Programmer guide to the EGA and VGA cards 2nd ed**

(New York:Adison-Wesley,1988), p. 661

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.8 แสดงการจัดหน่วยความจำที่ความละเอียด 320 x 200 16 สี

ที่มา Feraro, R.F. **Programmer guide to the EGA and VGA cards 2nd ed**

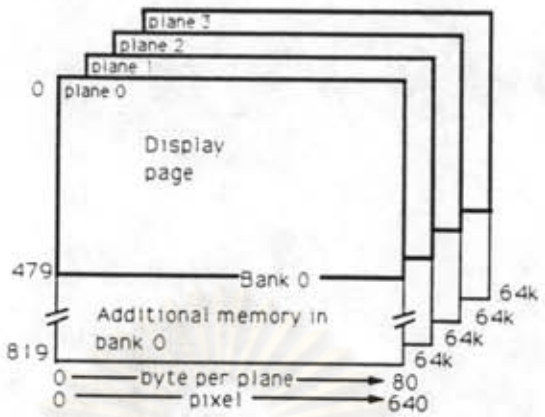
(New York:Adison-Wesley,1988), p. 661

ตามรูปจะเห็นว่าต้องใช้หน่วยความจำ 40 ไบต์ ต่อเส้นสแกนต่อระนาบ ดังนั้นในพื้นที่ขนาด 65536 ไบต์ จะสามารถบรรจุเส้นสแกนได้ 1638 เส้น แต่ในการแสดงผลเต็มจอต้องการเพียง 200 เส้น ดังนั้นใน 1 แบงค์จะสามารถบรรจุภาพได้ 8 หน้า

รูปที่ 5.9 และ 5.10 ก็เช่นเดียวกัน ในการแสดงภาพ 1 หน้า ใช้หน่วยความจำเพียงแบงค์เดียว

สำหรับรูปที่ 5.11,5.12 และ 5.13 แสดงให้เห็นการใช้หน่วยความจำมากกว่า 1 แบงค์ในการแสดงผลเต็มจอ 1 หน้า

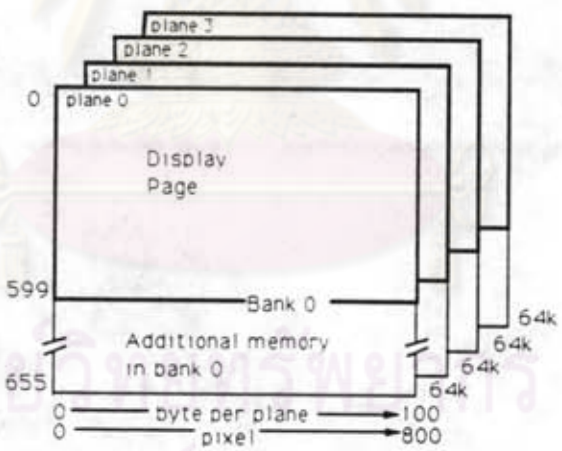
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.9 แสดงการจัดหน่วยความจำที่ความละเอียด 640 x 480

ที่มา Feraro, R.F. **Programmer guide to the EGA and VGA cards 2nd ed**

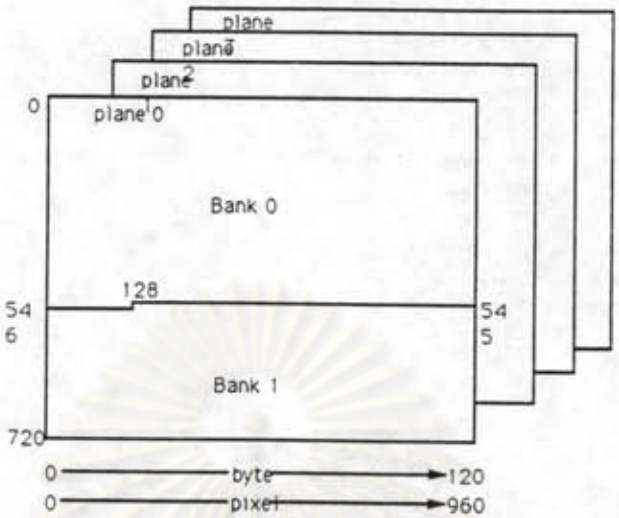
(New York:Adison-Wesley,1988), p. 662



รูปที่ 5.10 แสดงการจัดหน่วยความจำที่ความละเอียด 800 x 600

ที่มา Feraro, R.F. **Programmer guide to the EGA and VGA cards 2nd ed**

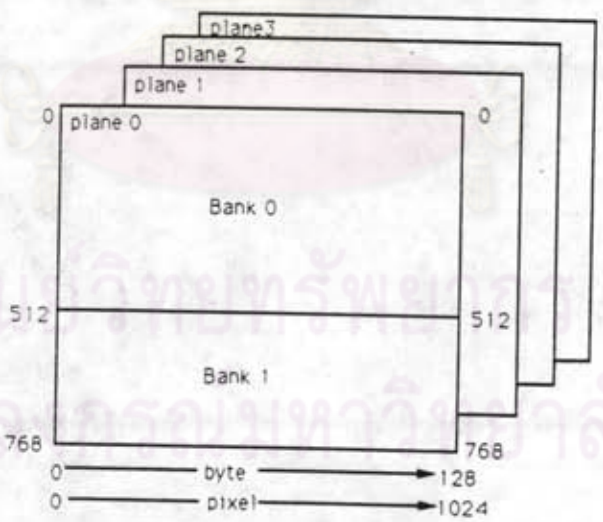
(New York:Adison-Wesley,1988), p. 662



รูปที่ 5.11 แสดงการจัดหน่วยความจำที่ความละเอียด 960 x 720

ที่มา Feraro, R.F. **Programmer guide to the EGA and VGA cards 2nd ed**

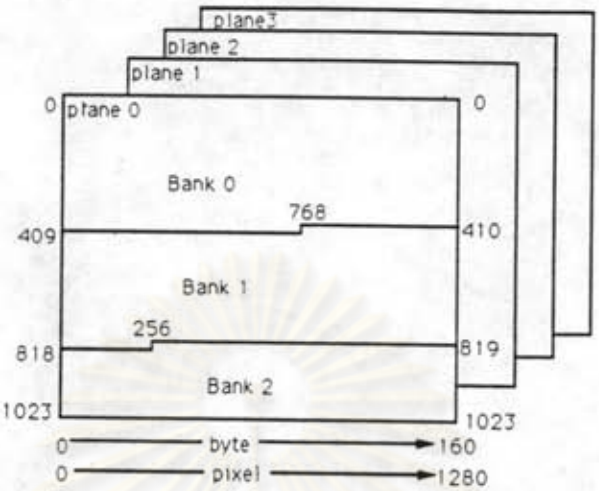
(New York:Adison-Wesley,1988), p. 663



รูปที่ 5.12 แสดงการจัดหน่วยความจำที่ความละเอียด 1024 x 768

ที่มา Feraro, R.F. **Programmer guide to the EGA and VGA cards 2nd ed**

(New York:Adison-Wesley,1988), p. 664



รูปที่ 5.13 แสดงการจัดหน่วยความจำที่ความละเอียด 1280 x 1024

ที่มา Feraro, R.F. **Programmer guide to the EGA and VGA cards 2nd ed**

(New York:Adison-Wesley,1988), p. 664

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย