บทที่ 3

การออกแบบและการจัดสร้างระบบ

แนวทางในการออกแบบระบบ

ระบบที่ออกแบบขึ้นนี้มีการใช้งานเป็นแบบจุดต่อจุด (point to point) โดยเครื่องแมคอินทอช เมื่อต่อเข้ากับพอร์ทของไฮดราทูแล้ว จะประพฤติตนเสมือนเทอร์มินอลของเครื่องไอบีเอ็มเมนเฟรม ในขณะที่ทำงานในลักษณะเป็นเทอร์มินอลอยู่นี้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้กับระบบทุกระบบภายใต้ไอบีเอ็มเมนเฟรม(1) เช่น ซีเอ็มเอส วีเอสอี/เอสพี โอเอส/วีเอ็สมิวสิค เนื่องจากไฮดราจะทำการแปลงโปรโตคอลและดูแลการติดต่อสื่อสารระหว่างแมคอินทอชและไอบีเอ็มเมนเฟรม สำหรับการรับส่งแฟ้มข้อมูลผู้วิจัยได้จัดทำโปรแกรมให้สามารถเข้ากันได้กับโปรแกรมรับส่งข้อมูลภายใต้ระบบ ซีเอ็มเอส ซึ่งทางสถาบันบริการคอมพิวเตอร์ฯ ได้มีอยู่เดิมโดยอาศัยโปรแกรมรับส่งข้อมูลที่ชื่อว่า เฮชเอ็ฟที (HFT)

โปรแกรมเฮชเอ็ฟทีนี้สามารถรับส่งแฟ้มข้อมูลได้โดยอาศัยโปรโตคอลที่ชื่อว่าเอเอฟทีพี (AFTP หรือ Asynchronous File Transfer Program) ซึ่งเป็นโปรโตคอลสำหรับการรับส่งแบบอะซิงโครนัส ผู้ใช้งานสามารถกำหนดได้ว่าจะรับส่งแฟ้มข้อมูลชนิดอักษร (TEXT) หรือชนิดไบนารี่ (Binary) การรับส่งในลักษณะชนิดอักษร ข้อมูลจะมีการรับส่งในลักษณะทางตรรกเป็นระเบียน โดยจุดสิ้นสุดของแต่ละระเบียนจะมีรหัสควบคุม ซึ่งมีค่าในระบบฐาน 16 เป็น 0A กำกับอยู่ ข้อมูลแต่ละระเบียนเปรียบเสมือนข้อมูล 1 บรรทัด การรับส่งข้อมูลแต่ละเฟรมอาจประกอบด้วยข้อมูลหลาย ๆ ระเบียน หรือบางส่วนของระเบียนก็ได้ คุณสมบัติอย่างหนึ่งของโปรแกรมเฮชเอ็ฟทีเมื่อทำงานในลักษณะรับส่งข้อมูลคือ ผู้ใช้สามารถกำหนดการแปลงรหัสได้ เช่น การแปลงรหัสจากเอ็บซิดิค ไปเป็นรหัส ส.ม.อ. เป็นต้น ส่วนการใช้งานในลักษณะไบนารี่ จะไม่มีการแปลงรหัสจึงเหมาะสมที่จะใช้ในการรับส่งแฟ้มข้อมูลที่เป็นรูปภาพต่าง ๆ หรือแฟ้มข้อมูลที่มีการเก็บข้อมูลแบบไบนารี่

ในการใช้งานหากการรับส่งข้อมูลเกิดข้อผิดพลาด เช่น สิ้นสุดระยะเวลาที่กำหนด จำนวนความผิดพลาดของเฟรมเกินขอบเขตที่กำหนด หรือเกิดข้อผิดพลาดอื่น ๆ จะทำการยกเลิกการติดต่อในการรับส่งข้อมูลทันที เพื่อป้องกันการสูญเปล่าในการทำงาน เช่น เวลาในการประมวลผลของหน่วยประมวลผลกลาง เป็นต้น

เนื่องจากโปรแกรมรับส่งแฟ้มข้อมูลนี้อาศัยไฮดรา-ฑูเป็นอุปกรณ์สำคัญในการเชื่อมโยงระหว่างแมคอินทอชและไอบีเอ็มเมนเฟรม ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจถึงการทำงานของไฮดรา-ฑู เพื่อให้การสร้างโปรแกรมรับส่งข้อมูลมีความถูกต้องและเหมาะสม

<u>การทำงานของไฮดรา-ฑู</u>

ไฮดรา-ฑู(1) เป็นตัวควบคุมการติดต่อ (communications controller) และตัวเปลี่ยนโปรโตคอล ซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อเชื่อมโยงเมนเฟรมและอุปกรณ์แอสกีแบบอนุกรม อุปกรณ์แอสกีที่สามารถต่อกับไฮดราได้มีหลายชนิด เช่น เทอร์มินอล เครื่องพิมพ์ พล็อตเตอร์ เป็นต้น สำหรับไฮดรา-ฑู นี้สามารถมีช่องทางสำหรับเชื่อมโยงอุปกรณ์ได้ 8 16 หรือ 32 พอร์ทขึ้นกับรุ่นของไฮดรา-ฑูนั้น ๆ

การเชื่อมโยงไฮดรา-ฑูกับเมนเฟรมจะเป็นการต่อโดยตรงระหว่างแชนเน็ลแบบไบต์มัลติเพลกซ์กับไฮดรา-ฑูเท่านั้น โดยเมนเฟรมที่จะเชื่อมโยงเข้ากับไฮดราคือไอบีเอ็ม ตระกูล 360 370 43XX 30XX

พอร์ทบนไฮดรา-ฑูเป็นพอร์ทชนิดอนุกรมอาร์เอส 232 โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1. ความเร็วในการรับส่งข้อมูล 50 75 110 150 300 600 1200 2400 4800 และ 9600 บิตต่อวินาที
2. จำนวนบิตข้อมูล 7 หรือ 8 บิต
3. ชนิดพาริตี้บิต เดี่ยว คู่ หรือไม่กำหนด
4. จำนวนบิตหยุด 1 1.5 หรือ 2 บิต
5. เนื่องจากพอร์ทแต่ละพอร์ทของไฮดรา-ฑูต่างเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นจึงสามารถมีพอร์ทที่มีลักษณะในการส่งข้อมูลที่แตกต่างกันพร้อม ๆ กันได้

โครงสร้างของไฮดรา-ฑูประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ความเร็วสูงหลายชุด โดยแต่ละไมโครโปรเซสเซอร์จะมีโปรแกรมไมโครโค้ดของตนเอง พอร์ทอนุกรมของไฮดรา 8 พอร์ทจะถูกควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ Z8000 ซึ่งมีขนาด 16 บิต โดย Z8000 แต่ละตัวจะมีหน่วยความจำของตนเอง 64 กิโลไบต์ แยกเป็นรอม 32 กิโลไบต์ และ แรมสำหรับเป็นเนื้อที่ทำงาน 32 กิโลไบต์ สำหรับส่วนแชนเน็ลอินเตอร์เฟสซึ่งเชื่อมโยงกับเมนเฟรมนั้นถูกควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์เฉพาะงานซึ่งเป็นอุปกรณ์เฉพาะของบริษัท JDS MicroProcessing ไมโครโปรเซสเซอร์ตัวนี้จะคอยตรวจสอบแชนเน็ลและควบคุมการทำงาน

ของ Z8000

จากการที่ไฮดรา-ทูต่อเข้าโดยตรงกับแชนเน็ลของเมนเฟรมจึงทำให้ไฮดรา-ทูทำหน้าที่เสมือนหน่วยควบคุมชนิดหนึ่ง โดยทำหน้าที่ในการเปลี่ยนโปรโตคอลด้วยการแปลความหมายและตอบสนองต่อคำสั่งต่าง ๆ บนแชนเน็ล ไฮดรา-ทูจะจำลองหน้าที่ต่าง ๆ ของหน่วยควบคุม 3272 เป็นผลให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต่อเข้ากับไฮดรา-ทูปรากฏบนเมนเฟรมในลักษณะของอุปกรณ์แบบโลคัล (Local device) นอกจากจะจำลองการทำงานหน่วยควบคุม 3272 ไฮดรายังได้จำลองการทำงานของเครื่องพิมพ์แบบ 1403 หรือ 3211 อีกด้วย

ขณะที่ไฮดรารับข้อมูลจากเมนเฟรม ไฮดรา-ทูจะทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมกับอุปกรณ์แบบแอสกีที่จะรับได้ ในทางกลับกันข้อมูลซึ่งไฮดราได้รับจากอุปกรณ์แบบแอสกีจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบเดียวกันกับข้อมูลซึ่งส่งจากหน่วยควบคุม 3272 ไปยังเมนเฟรม

สำหรับการจำลองการทำงานของเทอร์มินอลนั้น ไฮดราทูได้ทำการจำลองการทำงานของเทอร์มินอลแบบ 3277 ซึ่งเป็นแบบส่งทั้งจอภาพ(screen oriented) โดยการส่งและรับข้อมูลจะกระทำในลักษณะเป็นบล็อกขนาด 1920 ไบต์ เนื่องจากเทอร์มินอลแบบ 3277 มีไมโครโปรแซสเซอร์ในการจัดการหน้าที่สำหรับโลคัลเทอร์มินอล เช่น TAB ERASE EOF CLEAR เป็นต้น ส่วนแอสกีเทอร์มินอลเป็นแบบส่งทีละตัวอักษร(character oriented) ซึ่งโดยทางกายภาพแล้วจะแสดงอักษรแต่ละตัวทันทีที่ได้รับและส่งอักษรทันทีที่มีการคีย์ ทำให้หน้าที่หลักของการเปลี่ยนโปรโตคอลมีมากขึ้น กล่าวคือ นอกจากจะต้องแปลงรหัสจากเอ็บซีดิคไปเป็นแอสกี (หรือในทางกลับกัน) แล้วยังต้องทำหน้าที่ต่าง ๆ ของ 3277 เพื่อให้แอสกีเทอร์มินอลทำงานเสมือนแบบส่งทั้งจอภาพ อย่างไรก็ตามในการจำลองการทำงานนี้ไฮดรา-ทูจะต้องทราบถึงคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละแอสกีเทอร์มินอล ซึ่งโดยปกติแล้วไฮดรา-ทูจะรู้จักเทอร์มินอลประมาณ 30 ชนิด และผู้ใช้สามารถกำหนดชนิดของเทอร์มินอลเพิ่มได้ 8 ชนิดต่อหนึ่งโปรเซสเซอร์บอร์ด

ไฮดรา-ทูจะคอยควบคุมดูแลภาพ(image) ของจอเทอร์มินอลแต่ละตัวที่ต่อกับไฮดรา-ทู ในกรณีที่เมนเฟรมส่งคำสั่งเขียนข้อมูล ไฮดรา-ทูจะสร้างจอภาพที่สองขึ้นภายในตัวเองและจะทำการเปรียบเทียบภาพเดิมกับภาพที่สอง แอสกีเทอร์มินอลจะได้รับเฉพาะอักษรที่เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยมีข้อมูลคู่กับคำสั่งสำหรับกำหนดตำแหน่งเคอร์เซอร์ วิธีการนี้เรียกว่า การลดข้อมูลซ้ำซ้อน ซึ่งช่วยลดเวลาในการแสดงจอภาพที่เปลี่ยนแปลงใหม่

ในกรณีที่มีการกดปุ่มบนเทอร์มินอล ไฮดราจะตรวจสอบว่าขณะนี้ควรทำอย่างไรและจะส่งชุดอักขระกลับมายังเทอร์มินอล ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่มีการกดปุ่มที่เป็นอักษรเมื่อเคอร์เซอร์อยู่

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่กลางของฟิลด์ ไฮดรา-ทูจะส่งอักษรนั้นกลับมาที่เทอร์มินอล และทำการปรับปรุงจอภาพที่อยู่ในหน่วยความจำของตน ในกรณีที่มีการกดปุ่ม TAB ไฮดรา-ทูจะตรวจสอบจอภาพที่อยู่ภายในเพื่อหาตำแหน่งของฟิลด์ถัดไป จากนั้นจึงส่งคำสั่งกำหนดตำแหน่งเคอร์เซอร์ไปยังเทอร์มินอลเพื่อให้เคอร์เซอร์ปรากฏบนเทอร์มินอลในตำแหน่งที่ถูกต้อง ในกรณีที่กดปุ่มที่ให้กำเนิดแอทเทนชั่น เช่น Enter และ PA2 เป็นต้น ไฮดราจะเก็บจอภาพนี้ไว้และทำการส่งการขอรับบริการไปยังเมนเฟรม เมื่อเมนเฟรมทำการประมวลผลเสร็จจะทำการส่งภาพใหม่กลับไปยังไฮดรา-ทู

หน้าที่และคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ไฮดรา-ทูสนับสนุนในการทำงานของแอสกีเทอร์มินอลเพื่อทำงานแทน 3277 มีดังนี้

1. เกี่ยวกับแอตตริบิวท์ของจอภาพ คือ ความเข้มปกติ ความเข้มสูงและการไม่แสดงผล (ในกรณีที่ต้องการแสดงความเข้มต่างระดับ แอสกีเทอร์มิแอลต้องมีคุณสมบัติที่จะแสดงผลที่ระดับความเข้มสองระดับด้วย)

2. เกี่ยวกับแป้นพิมพ์ ประกอบด้วยปุ่ม Clear, Enter, New Line, Tab, back Tab, Home, Cursor Left, Cursor Right, Cursor Up, Cursor Down, Dup Key, Field Mark, Insert mode, Delete Char, Reset, PA1-PA3, PF1-PF24, Test Request, Erase EOF, Erase Input

ฟิสิคัลเลเยอร์ของแมคอินทอช

ฟิสิคัลเลเยอร์ของแมคอินทอชอาจแบ่งแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ซึ่งจะทำงานร่วมกันในการรับส่งข้อมูลด้วยพอร์ทอนุกรม (4)

1. ฮาร์ดแวร์ของพอร์ทอนุกรม

แมคอินทอชมีพอร์ทอนุกรม 2 พอร์ท คือ พอร์ทเอ และบี ซึ่งผู้ใช้จะสังเกตุได้โดย พอร์ท เอ จะมีสัญลักษณ์ของโมเดมกำกับอยู่ ส่วนพอร์ท บี จะมีสัญลักษณ์เป็นเครื่องพิมพ์ พอร์ททั้งสองนี้มีคุณสมบัติตามมาตรฐานอาร์เอส 422 ซึ่งจะแตกต่างจากอาร์เอส 232 เนื่องจากอาร์เอส 232 จะตรวจสอบลอจิก 1 โดยการเปรียบเทียบสัญญาณเป็นลบเมื่อเทียบกับกราวด์ (ground) ส่วนอาร์เอส 422 จะมีสัญญาณสองสายการตรวจสอบจะอาศัยความแตกต่างระหว่างสายสัญญาณทั้งสองว่ามีความแตกต่างกันเพียงพอหรือไม่ ในการต่อพอร์ทของแมคอินทอชเข้ากับไฮดรานั้นจำเป็นที่จะต้องแปลงพอร์ทของแมคอินทอชให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถเชื่อมโยงกับอาร์เอส

232 ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดคือ ทำการจัดสายสัญญาณใหม่ให้เป็นไปตามมาตรฐานอาร์เอส 423 โดยต่อสายรับสัญญาณด้านบวกกับกราวด์และปล่อยสายส่งสัญญาณด้านบวกลอยไว้ (ไม่ทำการต่อสายสัญญาณส่งด้านบวก) เพื่อทำให้เกิดลักษณะไม่สมมาตร

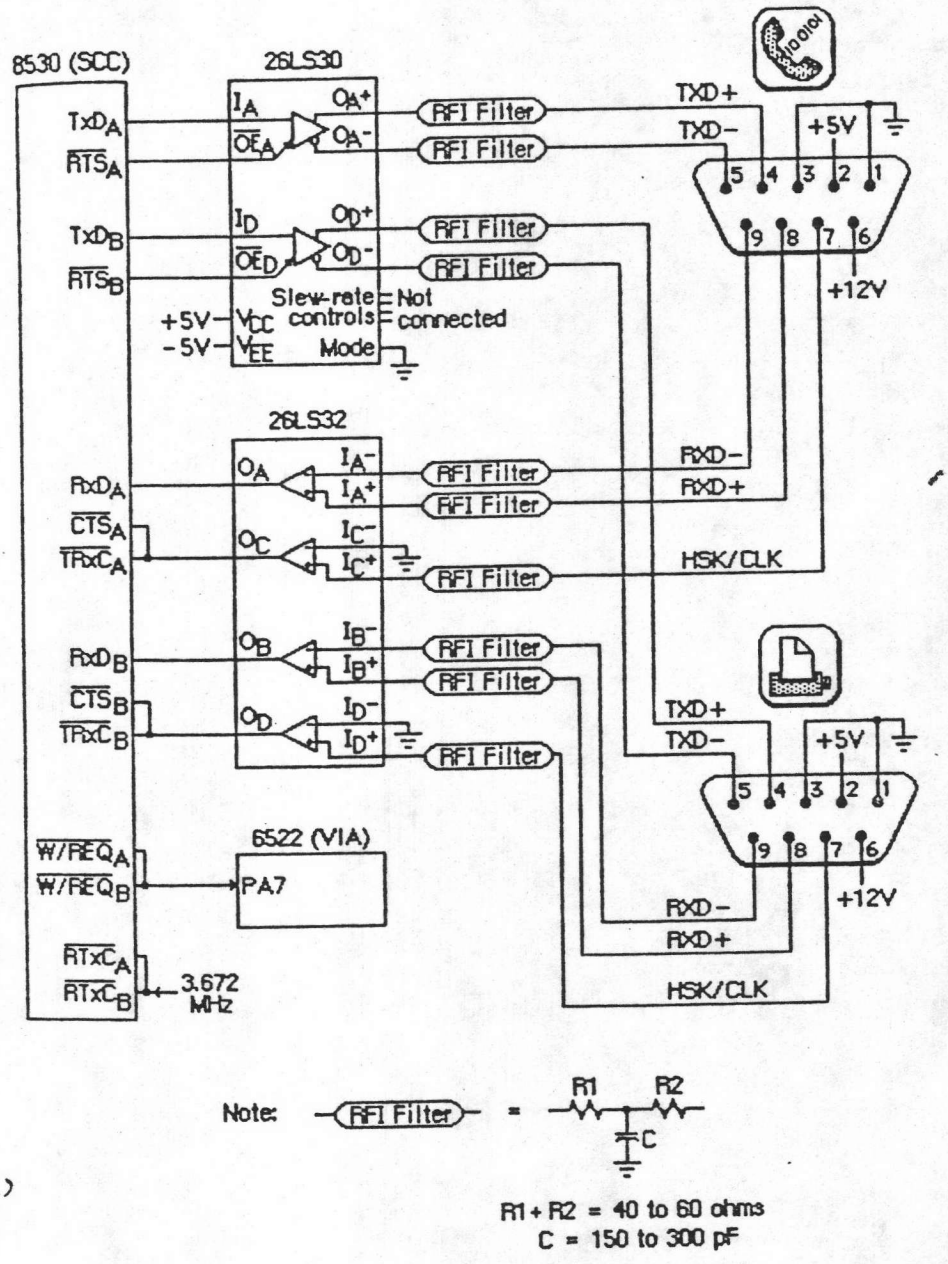
อินพุทและเอาท์พุทของพอร์ทอนุกรมจะต่อกับตัวขับและตัวรับแบบอาศัยความแตกต่าง เบอร์ 26LS30 และ 26LS32 ตามลำดับ ตัวขับนี้สามารถอยู่ในสภาวะไตรสเตท (Tri-State) ได้ ในระหว่างการส่งจึงสามารถเชื่อมโยงพอร์ทหลายพอร์ทเข้ากับสายสัญญาณชุดเดียวกันได้ พอร์ททั้งสองของแมคอินทอชนี้มีความเสมือนกัน ยกเว้นแต่พอร์ทเอมีลำดับความสำคัญในการขัดจังหวะ (interupt priority) สูงกว่าพอร์ทบี จึงทำให้พอร์ทเอเหมาะสมสำหรับการสื่อสารด้วยความเร็วสูง สายสัญญาณแฮนด์แชค (handshake) จะต่อเข้ากับตัวรับสัญญาณ 26LS32 ทางด้านสัญญาณบวก (ด้านสัญญาณลบต่อเข้ากับกราวด์) จึงไม่สามารถต่อเชื่อมลงกราวด์เพื่อเป็นลอจิก 0 ได้เนื่องจาก 26LS32 จะมีสภาวะระหว่างกลางคือ ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็น 0 หรือ 1 ดังนั้นจึงต้องให้ระดับสัญญาณเป็นลบเมื่อเทียบกับกราวด์จึงจะมีลอจิกเป็น 0 สำหรับวงจรของส่วนพอร์ทอนุกรมนี้ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 3.1

2. <u>ซอฟต์แวร์ของพอร์ทอนุกรม</u>

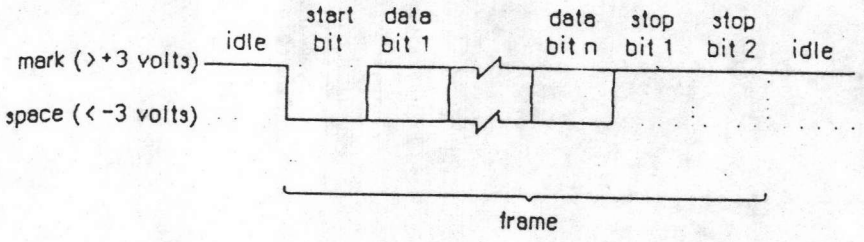
พอร์ทอนุกรมของแมคอินทอชทำงานโดยการควบคุมของซอฟแวร์ที่เรียกว่า ซีเรียลไดร์เวอร์ ไดร์เวอร์นี้มี 2 ชนิด คือ ชนิดแรมและชนิดรอม ไดร์เวอร์ชนิดแรมจะสามารถทำงานได้หลายชนิดมากกว่าไดร์เวอร์ชนิดรอม โปรแกรมประยุกต์บนแมคอินทอชจะสามารถติดต่อกับอุปกรณ์แบบอนุกรมได้โดยอาศัยไดร์เวอร์เหล่านี้เป็นตัวเชื่อมโยง

ซีเรียลไดร์เวอร์ ช่วยสนับสนุนการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสในลักษณะแบบฟูลดูเพลกซ์ ข้อมูลอนุกรมจะถูกส่งผ่านสายสื่อสารทีละบิต โดยไม่อาศัยสัญญาณนาฬิการ่วมกับตัวรับซึ่งเป็นลักษณะของการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส ระยะเวลาระหว่างการส่งข้อมูลแต่ละอักขระไม่ได้กำหนดไว้ตายตัว ลักษณะของการส่งข้อมูลนี้แสดงได้ดังรูป 3.2

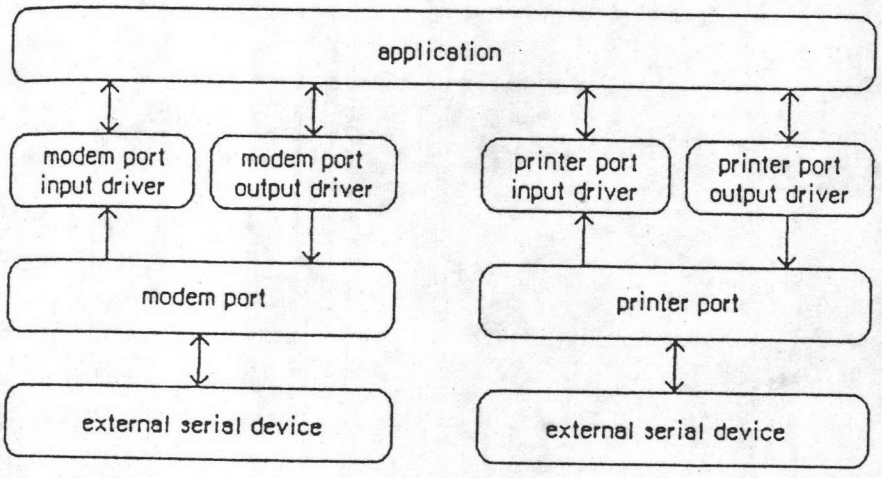
เมื่ออุปกรณ์สื่อสารแบบอนุกรมอยู่ในสถานะว่างงานสายส่งสัญญาณจะอยู่ในสถานะมาร์คคือมีความต่างศักย์มากกว่า 3 โวลท์ เมื่ออุปกรณ์เริ่มต้นส่งข้อมูลจะทำการส่งบิตที่เรียกว่าบิตเริ่มต้น จากนั้นจึงส่งบิตข้อมูล 5,6,7 หรือ 8 บิต อาจตามด้วยพาริตี้บิตซึ่งอาจเป็นแบบคี่หรือคู่ และตามด้วยบิตหยุด จำนวน 1, 1.5 หรือ 2 บิต เพื่อแสดงว่าจบอักขระ อัตราการส่งจำนวนบิตต่อเวลา 1 วินาทีเรียกว่าอัตราบอด (boud rate)



รูปที่ 3.1 วงจรของพอร์ทอนุกรมบนแมคอินทอช



รูปที่ 3.2 ลักษณะของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างไดร์เวอร์กับพอร์ทและโปรแกรมประยุกต์

เนื่องจากแมคอินทอชมีพอร์ทอนุกรม 2 พอร์ท แต่ละพอร์ทมีการรับและส่งข้อมูล ซีเรียลไดร์เวอร์จึงประกอบด้วยไดร์เวอร์ 4 ชุด โดยมีอินพุทไดร์เวอร์ และ เอาท์พุทไดร์เวอร์ของพอร์ทแต่ละพอร์ท อินพุทไดร์เวอร์แต่ละชุดจะรับข้อมูลจากพอร์ทอนุกรมของตนและส่งข้อมูลนั้นไปยังโปรแกรมประยุกต์ ในทำนองเดียวกันเอาท์พุทไดร์เวอร์แต่ละชุดจะรับข้อมูลจากโปรแกรมประยุกต์และส่งผ่านพอร์ทอนุกรมของตน แต่ละไดร์เวอร์มีความเป็นอิสระต่อกันทำให้สามารถรับและส่งข้อมูลพร้อม ๆ กันได้ จึงทำให้สนับสนุนการทำงานแบบฟูลดูเพลกซ์ได้ ลักษณะความสัมพันธ์ของไดร์เวอร์แสดงได้ดังรูปที่ 3.3

โดยปกติแล้วอินพุทไดร์เวอร์สามารถรับข้อมูลได้ 64 ตัวอักษรแต่ผู้ใช้สามารถเพิ่มขนาดของอินพุทบัฟเฟอร์เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นได้ ผู้ใช้งานสามารถจะกำหนดคุณสมบัติของพอร์ทอนุกรมโดยอาศัยซีเรียลไดร์เวอร์ได้ดังนี้

2.1 อัตราการรับส่งข้อมูล ขนาด 300 600 1200 1800 2400 3600 4800 7200 9600 19200 และ 57600 บิตต่อวินาที

2.2 จำนวนบิตข้อมูล ขนาด 5 6 7 และ 8 บิต

2.3 ชนิดพาริตี้บิตเป็น คี่ คู่ และไม่กำหนด

2.4 จำนวนบิตสิ้นสุด ขนาด 1 1.5 และ 2 บิต

<u>โปรโตคอลในการรับส่งแฟ้มข้อมูลบนระบบวีเอ็ม/ซีเอ็มเอส</u>

เนื่องจากการรับส่งข้อมูลระหว่างแมคอินทอชและระบบซีเอ็มเอสนั้น การรับส่งข้อมูลจะต้องมีโปรโตคอลชนิดเดียวกัน จากการที่มีโปรแกรมรับส่งแฟ้มข้อมูลภายใต้ระบบซีเอ็มเอสอยู่แล้วในการสร้างโปรแกรมรับส่งข้อมูลบนเครื่องแมคอินทอช จึงใช้โปรโตคอลเดิมที่มีอยู่บนซีเอ็มเอส ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. <u>เฟรมในการรับส่งแฟ้มข้อมูล</u>

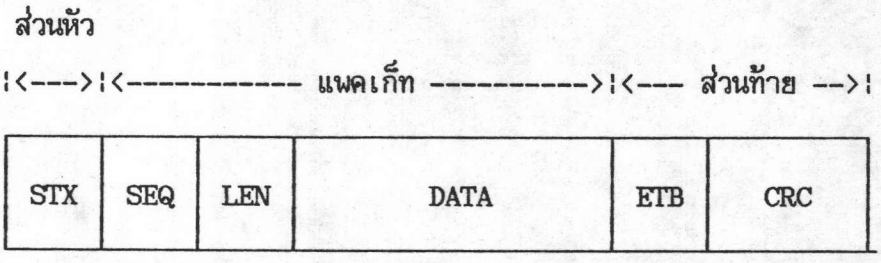
ดีแอลซีสำหรับการรับส่งแฟ้มข้อมูลมีโปรโตคอลลักษณะเป็นเฟรม ซึ่งประกอบด้วยส่วนหัว แพคเก็ท และส่วนท้าย

ส่วนหัวเป็นรหัสควบคุมตามรหัสแอสกี โดยอาจเป็น STX EOT ENQ ACK NAK และ DLE

ส่วนแพคเก็ทประกอบด้วยลำดับที่ของแพคเก็ท (Sequence) ความยาวของข้อมูล (length) และ ข้อมูล ลำดับที่ของแพคเก็ทเป็นเลขฐาน 16 จาก 20 ถึง 7F ส่วนความยาวของข้อมูลเป็นเลขฐาน 16 จาก 1 ถึง FA

ส่วนท้ายประกอบด้วยรหัสควบคุม ETB และซีอาร์ซีความยาว 16 บิต เพื่อแสดงจุดสิ้นสุดของข้อมูลและตรวจสอบความผิดพลาด

ลักษณะของเฟรมสามารถแสดงได้ดังรูป 3.4



รูปที่ 3.4 เฟรมในการรับส่งข้อมูล

2. <u>การตรวจสอบความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล</u>

การตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ ความผิดพลาดเนื่องจากส่วนของข้อมูลเกิดการเปลี่ยนแปลง และ ความผิดพลาดเนื่องจากลำดับที่ของแพคเก็ทผิดพลาด ความผิดพลาดจากลำดับที่ของแพคเก็ทสามารถตรวจสอบได้โดยการเปรียบเทียบลำดับที่ของแพคเก็ทที่รอคอยอยู่กับลำดับที่ของแพคเก็ทที่ได้รับ ส่วนความผิดพลาดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลจะตรวจสอบได้โดยอาศัยซีอาร์ซี โดยคำนวณเริ่มจากไบต์ที่เป็นลำดับที่ของแพคเก็ทจนถึงไบต์ที่เป็น ETB ซึ่งอัลกอริทึม ในการคำนวณซีอาร์ซีแสดงได้ดังนี้

2.1 กำหนดค่าซีอาร์ซีเริ่มต้นในระบบเลขฐาน 16 เป็น FFFF
2.2 ทำขั้นตอนที่ 2.3 ถึง 2.9 จนกระทั่งหมดข้อมูลทุกไบต์
2.3 กำหนดค่าตัววนรอบเป็น 8
2.4 ให้ผลลัพธ์ชั่วคราวเท่ากับข้อมูลบิต 8 เอกคลูซีฟออร์กับซีอาร์ซีบิตที่ 16
2.5 เลื่อนข้อมูลไปทางบิต 8 จำนวน 1 บิต

2.6 ถ้าผลลัพธ์ชั่วคราวเป็นศูนย์

เลื่อนซีอาร์ซีไปทางบิต 16 จำนวน 1 บิต

ในกรณีที่ไม่ใช่ศูนย์

ทำการเอกคลูซีฟออร์บิตที่ 12 และบิตที่ 1 ของซีอาร์ซีด้วย 1

เลื่อนซีอาร์ซีไปทางบิต 16 จำนวน 1 บิต

กำหนดค่าบิต 1 ของซีอาร์ซีเป็น 1

สิ้นสุดเงื่อนไข

2.7 ลดค่าตัววนรอบลง 1

2.8 ถ้าค่าตัววนรอบไม่เท่ากับศูนย์ให้กลับไปทำขั้นตอนที่ 2.4 ใหม่

2.9 เลื่อนไปข้อมูลไบต์ถัดไป

2.10 ผลลัพธ์ของการตรวจสอบคือค่าในซีอาร์ซีที่ต้องการ

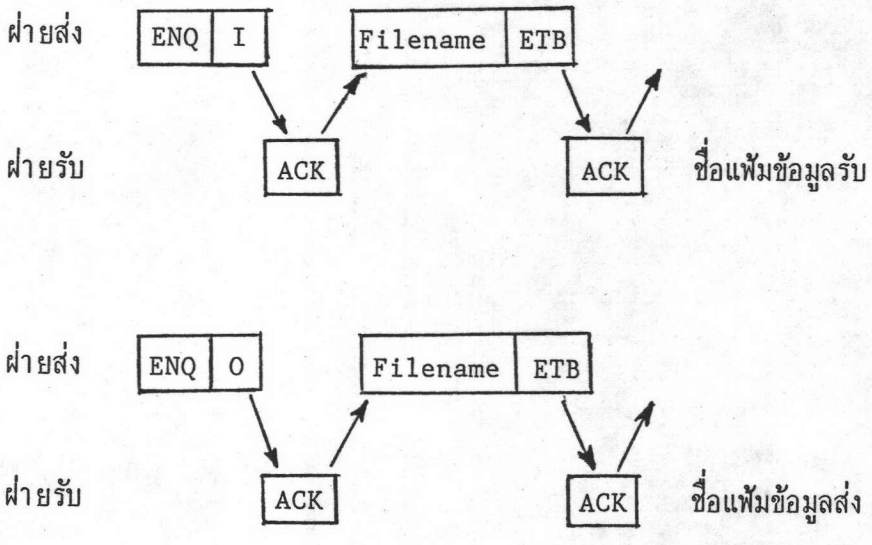
การควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อมูล

โปรโตคอลเอเอ็ฟพีพีที่ใช้มีลักษณะเป็นเออาร์คิวแบบหยุดและคอย กล่าวคือ ฝ่ายส่งข้อมูลเมื่อส่งข้อมูลแล้วจะรอการตอบกลับของฝ่ายรับว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่ โปรโตคอลที่ใช้อาจแบ่งตามลักษณะของการใช้งานได้ดังนี้

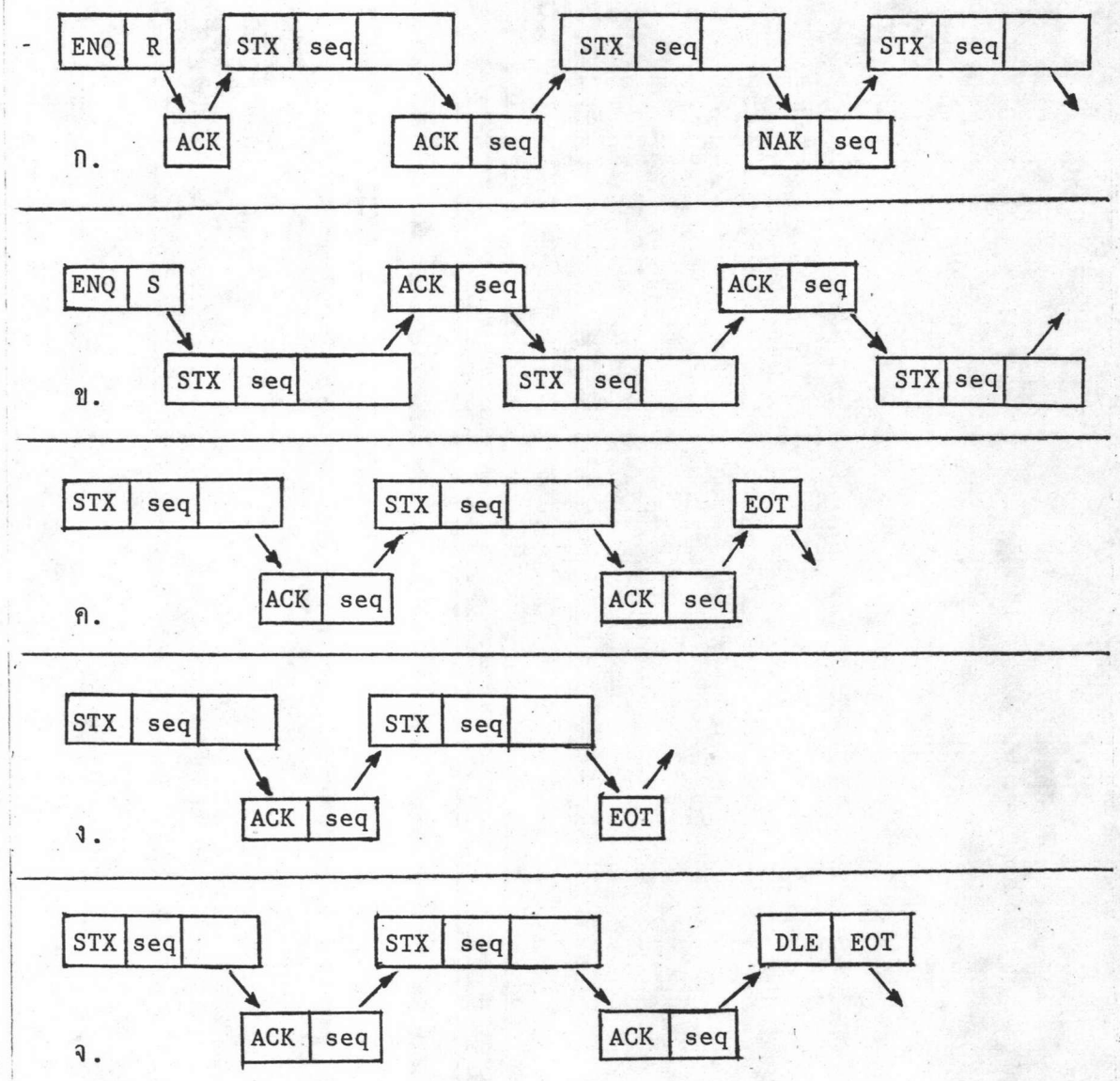
1. โปรโตคอลควบคุมชื่อแฟ้มข้อมูลรับส่ง โปรโตคอลนี้ใช้ในการเปลี่ยนแปลงชื่อแฟ้มข้อมูลที่จะรับ หรือส่ง โดยผู้ใช้งานจะกำหนดได้จากระยะไกล(REMOTE) ลักษณะของโปรโตคอลจะเริ่มด้วยการส่งรหัสควบคุม ENQ ตามด้วยอักษร "I" สำหรับการกำหนดชื่อแฟ้มข้อมูลรับ หรือ ENQ ตามด้วย "O" สำหรับการกำหนดชื่อแฟ้มข้อมูลส่ง เมื่อฝ่ายรับได้รับคำสั่งนี้จะตอบกลับด้วย ACK ฝ่ายส่งเมื่อได้รับการตอบกลับจึงทำการส่งชื่อแฟ้มข้อมูลใหม่ โดยปิดท้ายชื่อแฟ้มข้อมูลด้วยรหัสควบคุม ETB ฝ่ายรับเมื่อพบรหัส ETB จะทราบว่าจบชื่อแฟ้มข้อมูลจึงทำการตอบรับด้วยรหัสควบคุม ACK จากนั้นจึงทำการเก็บชื่อแฟ้มข้อมูลในส่วนชื่อแฟ้มข้อมูลรับหรือแฟ้มข้อมูลส่งตามแต่กรณีของลักษณะโปรโตคอล แสดงดังรูปที่ 3.5

2. โปรโตคอลสำหรับควบคุมการรับส่งแฟ้มข้อมูล โปรโตคอลนี้ใช้ในการควบคุมการรับหรือส่งแฟ้มข้อมูล การส่งข้อมูลจะเริ่มด้วยการส่งรหัสควบคุม ENQ ตามด้วยอักษร "R" เพื่อบอกให้อีกฝ่ายหนึ่งอยู่ในสภาวะรับข้อมูล ส่วนการรับข้อมูลจะเริ่มด้วยการส่งรหัสควบคุม ENQ ตามด้วยอักษร "S" เพื่อบอกให้อีกฝ่ายอยู่ในสภาวะส่งข้อมูล หลังจากนั้นฝ่ายที่อยู่ในสภาวะส่งข้อมูลจะทำการส่งข้อมูลเฟรมแรก อีกฝ่ายหนึ่งเมื่อรับข้อมูลแล้วจะตรวจสอบซีอาร์ซีและลำดับที่ หากถูกต้องจะส่งรหัสควบคุม ACK ตามด้วยลำดับที่ของแพคเก็ท หากไม่ถูกต้องจะส่งรหัสควบคุม NAK

ตามด้วยลำดับที่ของแพคเก็ท ฝ่ายส่งเมื่อส่งจนส่งข้อมูลหมดแล้วจะส่งรหัสควบคุม EOT ให้ฝ่ายรับ ในกรณีที่ฝ่ายรับต้องการยกเลิกการรับส่งข้อมูลก่อนกำหนดจะตอบกลับด้วยรหัสควบคุม EOT เพื่อยกเลิกการรับข้อมูล และในกรณีที่ฝ่ายส่งยกเลิกการส่งข้อมูลจะส่งรหัสควบคุม DLE EOT เพื่อยกเลิกการส่งข้อมูล รายละเอียดของโปรโตคอลแสดงได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 แสดงการกำหนดชื่อแฟ้มข้อมูล



รูปที่ 3.6 แสดงการรับส่งแฟ้มข้อมูล

ก. การรับส่งปกติ (เริ่มด้วยคำสั่ง ENQ R)

ข. การรับส่งปกติ (เริ่มด้วยคำสั่ง ENQ S)

ค. การรับส่งขณะสิ้นสุดแฟ้มข้อมูลส่ง

ง. การรับถูกยกเลิกโดยฝ่ายรับข้อมูล

จ. การส่งถูกยกเลิกโดยฝ่ายส่งข้อมูล

โครงสร้างการจัดเก็บแฟ้มข้อมูลของแมคอินทอช

แผ่นจานแม่เหล็กขนาด 3.5 นิ้ว แบบบันทึกหน้าเดียว มีจำนวนแทร็ก (track) ทั้งสิ้น 80 แทร็ก จากแทร็ก 0-79 โดยแทร็กที่ 79 เป็นแทร็กที่อยู่วงในสุด แต่ละแทร็กจะแบ่งออกเป็นเซกเตอร์ แทร็กที่อยู่รอบนอกจะมีจำนวนเซกเตอร์มากกว่าแทรกที่อยู่รอบใน โดยจำแนกความหนาแน่นของเซกเตอร์ออกเป็น 5 ช่วงคือ

ช่วงที่	แทร็กที่	เซกเตอร์	จำนวนเซกเตอร์/แทร็ก
1	0-15	0-191	12
2	16-31	192-367	11
3	32-47	368-527	10
4	48-63	528-671	9
5	64-79	672-799	8

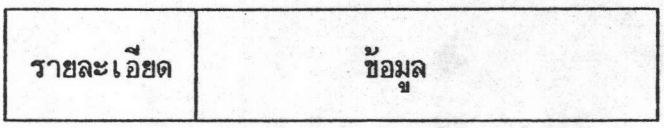
โครงสร้างข้อมูลของแผ่นจานแม่เหล็ก

การเก็บข้อมูลจะเก็บเป็นเซกเตอร์ประกอบด้วยส่วนบอกรายละเอียดขนาด 12 ไบต์ ตามด้วยข้อมูล 512 ไบต์ดังรูปที่ 3.7 ซึ่งส่วนบอกรายละเอียดจะประกอบด้วย

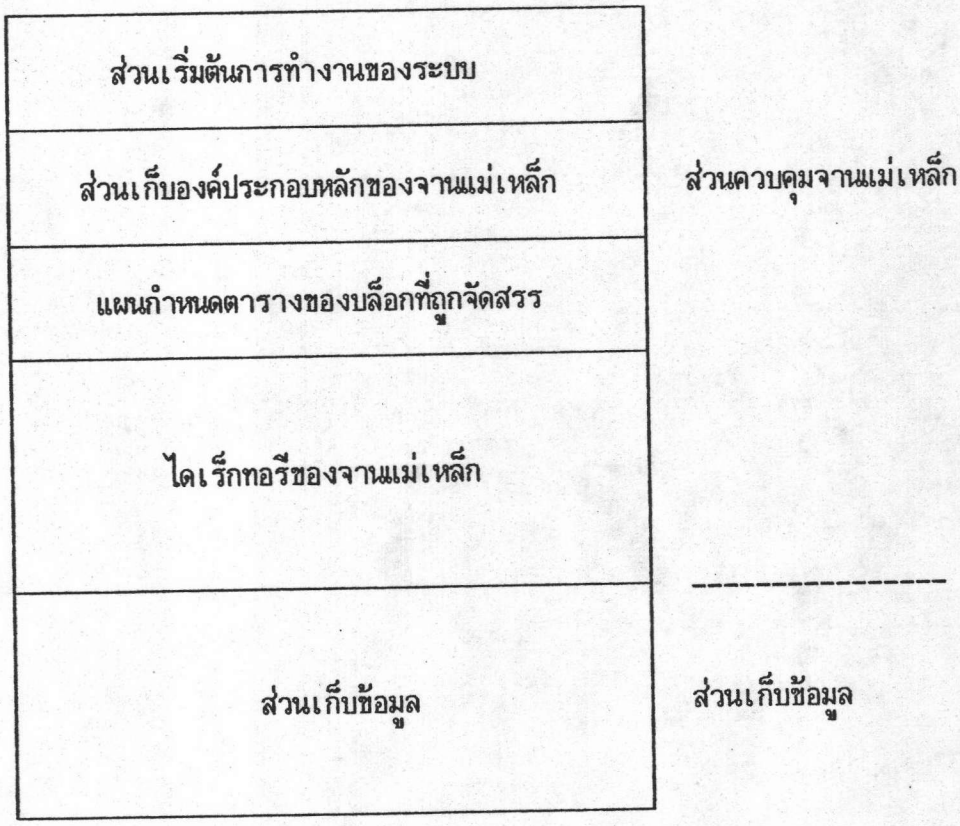
- หมายเลขของแฟ้มข้อมูลที่ถูกจัดสรร
- ชนิดของข้อมูล
- ลำดับที่ของเซ็กเตอร์โดยเปรียบเทียบกับเซกเตอร์แรกของแฟ้มข้อมูล
- วันและเวลาที่เซกเตอร์นั้นถูกบันทึกลงบนจานแม่เหล็ก

แผ่นจานแม่เหล็กมีจำนวนเซกเตอร์ทั้งสิ้น 800 เซกเตอร์ โดยเริ่มต้นจาก 0 ถึง 799 ข้อมูลที่เก็บบนแผ่นจานแม่เหล็กแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทดังรูปที่ 3.8 คือ

1. ส่วนควบคุมแผ่นจานแม่เหล็ก
2. ส่วนเก็บข้อมูล



รูปที่ 3.7 แสดงข้อมูลของแต่ละเซกเตอร์



รูปที่ 3.8 ลักษณะของข้อมูลในแผ่นจานแม่เหล็ก

ส่วนควบคุมจานแม่เหล็ก

มีหน้าที่ควบคุมข้อมูลข่าวสารของแผ่นจานแม่เหล็ก เช่น รายชื่อของแฟ้มข้อมูล, ตำแหน่งของแฟ้มข้อมูล และ ชื่อของแผ่น เป็นต้น ส่วนนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนย่อยคือ

1. ส่วนเริ่มต้นการทำงานของระบบ โปรแกรมส่วนนี้เป็นส่วนทำให้ระบบเริ่มทำงานได้ ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- ตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรมระบบ
- ชื่อแฟ้มข้อมูลโปรแกรมระบบ
- ชื่อแฟ้มข้อมูลที่เก็บวินโดว์แรก
- ชื่อโปรแกรมประยุกต์ที่จะทำงานเมื่อทำการเริ่มต้นระบบ
- จำนวนสูงสุดของไฟล์คอนโทรลบล็อกซึ่งเป็นตัวกำหนดจำนวนสูงสุดของการเปิดแฟ้มข้อมูลในเวลาเดียวกัน

2. ส่วนเก็บองค์ประกอบหลักของแผ่นจานแม่เหล็ก ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้
   - วันและเวลาที่ทำการฟอร์แมท
   - วันและเวลาที่ทำการสำรองข้อมูลครั้งสุดท้าย
   - ข้อมูลระบุการป้องกันการเขียน
   - จำนวนเอ็นทรีในไดเรกทอรี
   - เซกเตอร์เริ่มต้นของไดเรกทอรีของจานแม่เหล็ก โดยปกติอยู่ที่เซกเตอร์ 4
   - จำนวนเซกเตอร์ที่ใช้ในการเก็บไดเรกทอรีของจานแม่เหล็ก
   - จำนวนบล็อกที่ถูกจัดสรรบนจานแม่เหล็ก
   - ขนาดของบล็อกมีหน่วยเป็นไบต์ โดยปกติมีขนาด 1024 ไบต์
   - เซกเตอร์เริ่มต้นของส่วนเก็บข้อมูล
   - หมายเลขของแฟ้มข้อมูลต่อไปที่ยังไม่ถูกใช้
   - จำนวนบล็อกที่ยังไม่ถูกใช้
   - ความยาวของชื่อแผ่นจานแม่เหล็ก
   - ชื่อของแผ่นจานแม่เหล็ก

3. แผนกำหนดตำแหน่งของบล็อกที่ถูกจัดสรร ข้อมูลส่วนนี้เริ่มที่ไบต์ 64 ของของเซกเตอร์ 2 แต่ละเอ็นทรีมีขนาด 12 บิตโดยแสดงการจัดสรรเซกเตอร์ต่าง ๆ แก่แฟ้มข้อมูลในลักษณะลิงค์ลิส เอ็นทรีแรกจะเป็นเอ็นทรีของบล็อกหมายเลข 2 โดยข้อมูลในเอ็นทรีมีความหมายดังนี้
   - 0 หมายถึง บล็อกนั้นไม่ถูกใช้งาน
   - 1 " บล็อกสุดท้ายของแฟ้มข้อมูล
   - 2..4095 " หมายเลขบล็อกถัดไปของแฟ้มข้อมูล

ตัวอย่างของการจัดสรรบล็อกของแฟ้มข้อมูลที่ใช้เนื้อที่ของบล็อกที่ 8, 11, 12 และ มีเพียงแฟ้มข้อมูลเดียวคือ

บล็อกที่	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ค่า	0	0	0	0	0	0	11	0	0	12	1

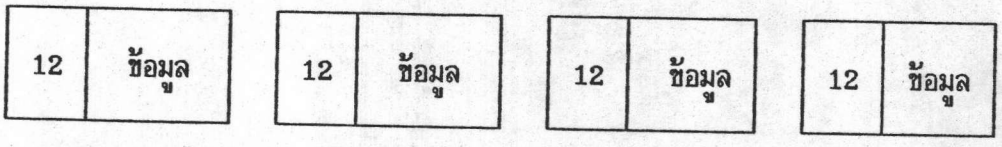
รูปที่ 3.9 แผนกำหนดตำแหน่งของบล็อกที่ถูกจัดสรร

4. ไดเรกทอรีของแผ่นจานแม่เหล็ก เป็นส่วนที่เก็บเอ็นทรีของแต่ละแฟ้มข้อมูลเริ่มต้นที่เซกเตอร์ 4 แต่ละเอ็นทรีจะเก็บรายละเอียดของแฟ้มข้อมูลโดยมีขนาดเท่ากับ 51 บวกด้วยความยาวของชื่อแฟ้มข้อมูล โดยปกติไดเรกทอรีจะมีขนาด 12 เซกเตอร์ แต่ละเซกเตอร์เก็บได้ 6 ถึง 9 เอ็นทรี ขึ้นกับความยาวของชื่อแฟ้มข้อมูล การเก็บเอ็นทรีนี้จะไม่มีการเก็บข้อมูลข้ามบล็อก โดยไดเรกทอรีมีส่วนประกอบดังนี้

- ไบต์แสดงสถานะของเอ็นทรี ถ้าบิต 7 มีค่าเป็น 1 แสดงว่ากำลังใช้งานอยู่ ถ้าบิต 0 มีค่าเป็น 1 แสดงว่าแฟ้มข้อมูลนี้ป้องกันการคัดลอก
- ชนิดของแฟ้มข้อมูล
- ชื่อของโปรแกรมประยุกต์และชนิดของแฟ้มข้อมูล
- โฟเดอร์ที่เก็บแฟ้มข้อมูลนั้น
- หมายเลขแฟ้มข้อมูล ซึ่งแต่ละแฟ้มข้อมูลจะมีหมายเลขที่ไม่ซ้ำกัน
- หมายเลขของบล็อกแรกที่ถูกจัดสรรสำหรับส่วนแฟ้มข้อมูล(data file)
- ขนาดของแฟ้มข้อมูลเชิงตรรก เป็นจำนวนไบต์ของข้อมูลในแฟ้มข้อมูล
- ขนาดของข้อมูลเชิงกายภาพ เป็นจำนวนไบต์ที่เตรียมไว้สำหรับข้อมูล
- หมายเลขของบล็อกแรกที่ถูกจัดสรรสำหรับส่วนรีซอร์ส (resource file)
- ขนาดของข้อมูลเชิงตรรก สำหรับแฟ้มข้อมูลรีซอร์ส
- ขนาดของข้อมูลเชิงกายภาพ สำหรับแฟ้มข้อมูลรีซอร์ส
- วันและเวลาที่สร้างแฟ้มข้อมูลนี้
- วันและเวลาที่ทำการปรับปรุงแฟ้มข้อมูลครั้งสุดท้าย
- ความยาวของชื่อแฟ้มข้อมูล
- ชื่อแฟ้มข้อมูล

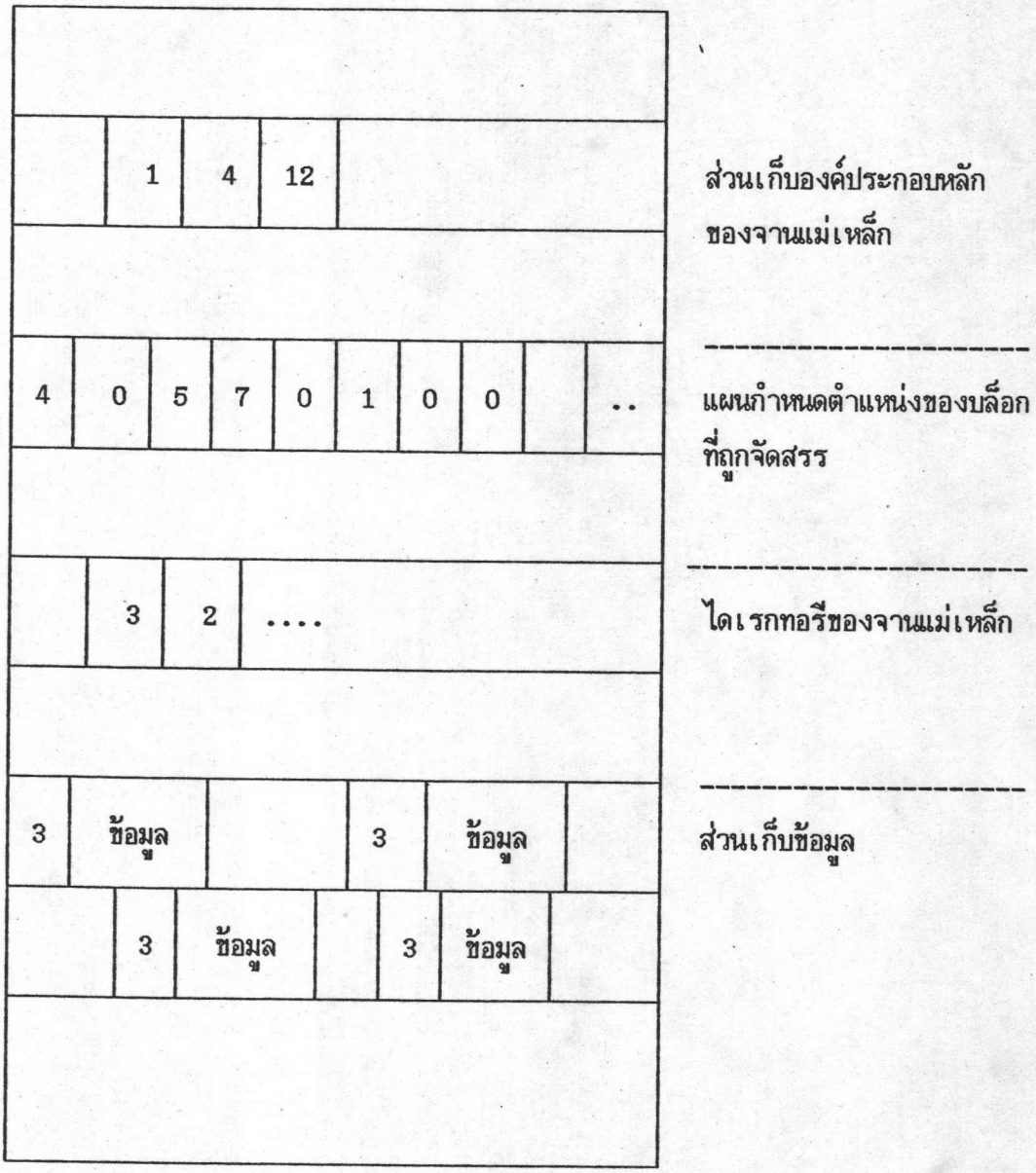
ส่วนเก็บข้อมูล

คือส่วนของจานแม่เหล็กที่ถูกจัดสรรสำหรับเก็บข้อมูล ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลของแต่ละแฟ้มข้อมูลโดยมีหมายเลขของแฟ้มข้อมูลกำกับอยู่ที่ส่วนหน้าของข้อมูล ตัวอย่างเช่นแฟ้มข้อมูลที่มีหมายเลข 12 และมีข้อมูลทั้งหมด 4 เซกเตอร์ แต่ละเซกเตอร์จะแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 3.10 ลักษณะข้อมูลของแฟ้มข้อมูลในจานแม่เหล็ก

จากโครงสร้างของแผ่นจานแม่เหล็ก สามารถนำมาสัมพันธ์กันได้ดังนี้



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างความสัมพันธ์ของข้อมูลในจานแม่เหล็ก

จากรูปที่ 3.11 จะอธิบายความสัมพันธ์ของโครงสร้างข้อมูลในแผ่นจานแม่เหล็กได้ดังนี้ สมมุติว่าภายในแผ่นจานแม่เหล็กนี้มีแฟ้มข้อมูล 1 แฟ้ม และมีหมายเลขเป็น 3

1. ส่วนเก็บองค์ประกอบหลักของจานแม่เหล็ก เก็บข้อมูลของเซกเตอร์เริ่มต้นของไดเรกทอรีจานแม่เหล็กคือ 4 ขนาดไดเรกทอรีจานแม่เหล็กคือ 12 เซกเตอร์ โดยมีแฟ้มข้อมูลทั้งหมด 1 แฟ้มข้อมูล

ม.ท.ท. 2549

2. เมื่อได้เซกเตอร์เริ่มต้นของไดเรกทอรีคือเซกเตอร์ 4 จะได้ไดเรกทอรีของแต่ละแฟ้มข้อมูล ซึ่งในที่นี้จะได้หมายเลขของแฟ้มข้อมูล 3 และบล็อกเริ่มต้นของแฟ้มข้อมูลคือบล็อกหมายเลข 2

3. ทำการอ่านข้อมูลโดยเปลี่ยนจากบล็อกเป็น แทร็กและเซกเตอร์

4. ทำการหาตำแหน่งของบล็อกถัดไปจากแผนกำหนดการจัดสรรบล็อก ในกรณีที่เป็นบล็อกสุดท้ายจะปรากฏหมายเลขเป็น 1

โครงสร้างการจัดแฟ้มข้อมูล

1. การแสดงรายชื่อแฟ้มข้อมูล มีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1.1 การใส่แผ่นจานแม่เหล็ก จะทำการอ่านข้อมูลจากส่วนที่เป็นองค์ประกอบหลักของจานแม่เหล็กมาเก็บไว้ในส่วนควบคุมแผ่นจานแม่เหล็กซึ่งอยู่ในหน่วยความจำ ทำการเก็บตัวชี้ (Pointer) ของส่วนควบคุมแผ่นจานแม่เหล็กแต่ละแผ่นไว้ในคิวของส่วนควบคุมจานแม่เหล็ก โดยส่วนควบคุมจานแม่เหล็กมีข้อมูลดังนี้

- หมายเลขของคิวถัดไป
- วันและเวลาที่ทำการฟอร์แมท
- วันและเวลาที่ทำการสำรองข้อมูล
- จำนวนของแฟ้มข้อมูลในไดเรกทอรี
- เซกเตอร์เริ่มต้นของไดเรกทอรี
- ขนาดของไดเรกทอรี
- จำนวนของบล็อกที่จัดสรรทั้งหมด
- ขนาดของบล็อก
- จำนวนไบต์ที่จัดสรร
- บล็อกแรกของแผนจัดสรรบล็อก
- หมายเลขแฟ้มข้อมูลที่ไม่ได้ถูกใช้
- จำนวนของบล็อกที่ยังไม่ได้ใช้
- ชื่อแผ่นจานแม่เหล็ก
- หมายเลขของตู้ขับจานแม่เหล็กที่ใส่แผ่นจานแม่เหล็ก
- หมายเลขที่ใช้อ้างอิงอุปกรณ์ที่ใส่แผ่นจานแม่เหล็ก
- ตัวชี้บอกว่าเป็นแฟ้มข้อมูลของระบบ
- หมายเลขอ้างอิงของจานแม่เหล็ก

- ตำแหน่งของแผนกำหนดบล็อก
- ตำแหน่งของบัฟเฟอร์จานแม่เหล็ก

1.2 ทำการอ่านไดเรกทอรีของจานแม่เหล็กโดยคัดเลือกเฉพาะไดเรกทอรีของแฟ้มข้อมูลที่ใช้อยู่โดยสังเกตุจากแฟลกของไดเรกทอรีเอ็นทรีบิต 7 ถ้าเป็น 1 แสดงว่าเป็นเอ็นทรีที่ยังใช้งาน เมื่อพบไดเรกทอรีเอ็นทรีจะทำการอ่านเก็บไว้ในหน่วยความจำและทำการแสดงรายชื่อแฟ้มข้อมูลที่บรรจุอยู่ในจานแม่เหล็ก

2. การเปิดแฟ้มข้อมูล

การเปิดแฟ้มข้อมูลจะกระทำหลังจากการใส่แผ่นจานแม่เหล็ก เมื่อทำการเปิดแฟ้มข้อมูลจะทำการอ่านไดเรกทอรีที่มีชื่อแฟ้มข้อมูลตามที่ต้องการ ทำการสร้างไฟล์คอนโทรลบล็อกซึ่งมีขนาด 30 ไบต์ จำนวนไฟล์คอนโทรลบล็อกสูงสุดมีได้ 12 เอนทรี โดยแต่ละเอ็นทรีมีข้อมูลดังนี้

- หมายเลขของแฟ้มข้อมูล
- ไบต์ที่เป็นตัวชี้
- บล็อกแรกที่ถูกจัดสรรสำหรับแฟ้มข้อมูล
- ขนาดแฟ้มข้อมูลเชิงตรรก
- ขนาดแฟ้มข้อมูลเชิงกายภาพ
- ตำแหน่งของข้อมูลที่จะทำการอ่านเขียน
- ตำแหน่งของส่วนควบคุมจานแม่เหล็กในหน่วยความจำ
- ตำแหน่งของหมายเลขอ้างอิงการเข้าถึงแฟ้มข้อมูล

3. การอ่านแฟ้มข้อมูล

การอ่านแฟ้มข้อมูลจะกระทำหลังจากการเปิดแฟ้มข้อมูลโดยมีขั้นตอนดังนี้

- คำนวณจำนวนการอ่านข้อมูลของแฟ้มข้อมูลโดยคำนวณจากขนาดเชิงกายภาพของแฟ้มข้อมูล ซึ่งคิดเป็นจำนวนเท่าของ 512 ไบต์หรือ 1 เซกเตอร์
- เตรียมเนื้อที่ในหน่วยความจำสำหรับข้อมูลเป็นจำนวนเท่าของ 512 ไบต์
- ทำการอ่านข้อมูลของแฟ้มข้อมูลโดยเริ่มจากบล็อกแรกที่ถูกจัดสรรสำหรับแฟ้มข้อมูลนี้ เมื่ออ่านข้อมูลแล้วให้ดูจากแผนกำหนดบล็อกจัดสรรเพื่อหาตำแหน่งของบล็อกถัดไปสำหรับแฟ้มข้อมูล ในกรณีที่หมายเลขบล็อกเป็น 1 แสดงว่าจบแฟ้มข้อมูล
- ทำการอ่านข้อมูลจนครบจำนวนที่ต้องการหรือจนจบแฟ้มข้อมูล

4. การเขียนแฟ้มข้อมูล

การเขียนแฟ้มข้อมูลจะกระทำหลังจากการสร้างไดเรกทอรีเอ็นทรีมีขั้นตอนดังนี้

- คำนวณจำนวนการเขียนแฟ้มข้อมูลเชิงตรรกและเชิงกายภาพ
- ทำการหาที่ว่างของบล็อกถัดไปและปรับปรุงแผนกำหนดบล็อกจัดสรร
- ทำการเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำลงสู่แผ่นจานแม่เหล็ก

5. การปิดแฟ้มข้อมูล

การปิดแฟ้มข้อมูลจะกระทำหลังจากการอ่านหรือเขียนข้อมูลโดยมีขั้นตอนดังนี้

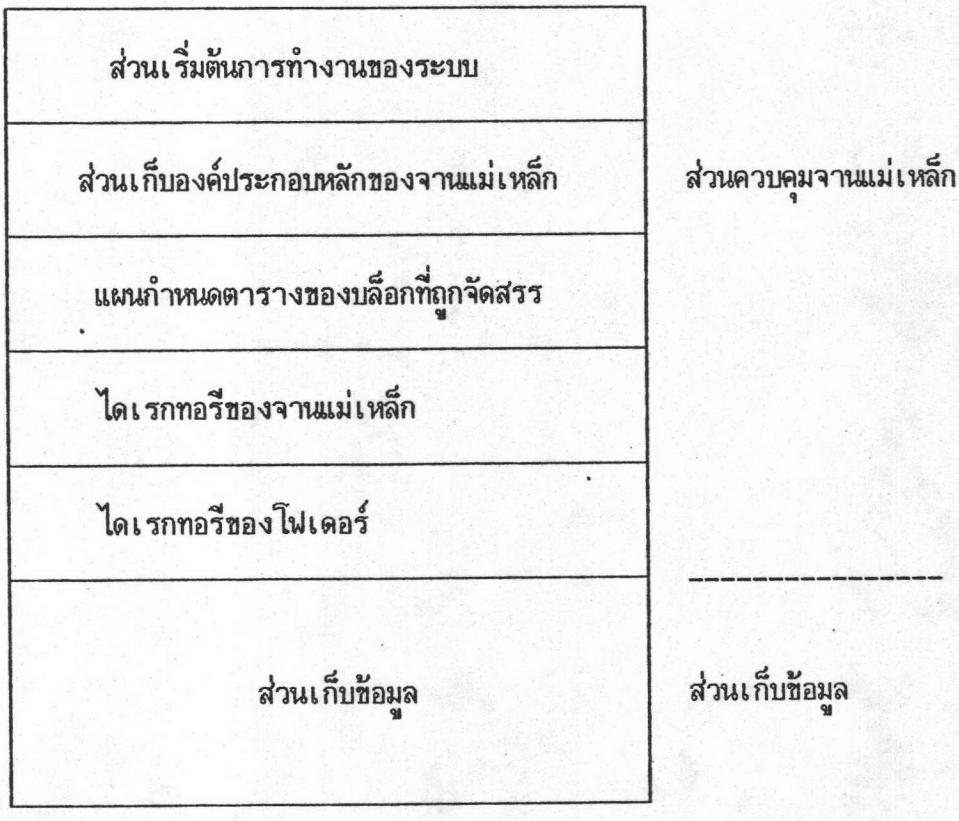
- ทำการเคลื่อนย้ายข้อมูลจากไฟล์คอนโทรลบล็อกลงสู่จานแม่เหล็ก
- ทำการลบข้อมูลของแฟ้มข้อมูลนี้ออกจากส่วนควบคุมการเข้าถึงแฟ้มข้อมูล

<u>การจัดแฟ้มข้อมูลแบบลำดับชั้น</u>

การจัดแฟ้มข้อมูลแบบลำดับชั้น (hierarchy) สามารถทำได้โดยการใช้โฟเดอร์ซึ่งสร้างโดยใช้คำสั่ง New Folder จากรายการแฟ้มข้อมูล จากนั้นสามารถที่จะสร้างแฟ้มข้อมูลต่าง ๆ ให้อยู่ภายในโฟเดอร์ได้เช่นเดียวกับไดเรกทอรีแฟ้มข้อมูล เมื่อทำการสร้างโฟเดอร์จะทำการสร้างไดเรกทอรีของโฟเดอร์ภายในส่วนของไดเรกทอรีของโฟเดอร์ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.12

จะเห็นว่าโครงสร้างต่าง ๆ ยังคงรูปแบบเดิมแต่เพิ่มส่วนของไดเรกทอรีโฟเดอร์ขึ้นมา ไดเรกทอรีของโฟเดอร์ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

- ไบต์ที่เป็นตัวชี้ว่าเป็นไดเรกทอรีโฟเดอร์
- หมายเลขอ้างอิงของโฟเดอร์
- จำนวนแฟ้มข้อมูลที่บรรจุในโฟเดอร์นั้น
- หมายเลขของแฟ้มข้อมูลที่อยู่ในโฟเดอร์
- โฟเดอร์ที่เก็บโฟเดอร์นี้อยู่ (สำหรับโฟเดอร์ที่มีหลายลำดับชั้น)
- วันและเวลาที่สร้างโฟเดอร์นี้
- วันและเวลาที่ทำการปรับปรุงโฟเดอร์นี้ครั้งสุดท้าย
- ความยาวของชื่อโฟเดอร์
- ชื่อโฟเดอร์ (จำนวนมากที่สุด 31 ตัวอักษร)
- ชื่อโฟเดอร์ที่อยู่ภายใต้โปรแกรมประยุกต์



รูปที่ 3.12 ลักษณะของข้อมูลในแผ่นจานแม่เหล็กแบบลำดับชั้น

ลักษณะความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เก็บอยู่ในแผ่นจานแม่เหล็กแสดงได้ดังนี้

หมายเลขโฟเดอร์แม่	หมายเลขแฟ้มข้อมูล	บล็อกเริ่มต้น	ชื่อแฟ้มข้อมูล
23	5	3	BLD1
23	17	8	BLD2
45	11	20	BLD4
23	7	5	BLD3
45	3	16	BLD5

ไดเรกทอรีจานแม่เหล็ก

หมายเลขอ้างอิง	หมายเลขโฟเดอร์แม่	จำนวนแฟ้มข้อมูล	หมายเลขแฟ้มข้อมูล			ชื่อโฟเดอร์
10			23	45		CHULA
23	10	3	5	17	7	ART
45	10	2	11	3		ENGINEER

ไดเรกทอรีโฟเดอร์

จำนวนโฟเดอร์	ชื่อโปรแกรมประยุกต์	ชื่อโฟเดอร์	
3	MacDraft	CHULA FOLDER	ART FOLDER
ENGINEER FOLDER			

ความสัมพันธ์ดังที่แสดงมาสามารถอธิบายได้ดังนี้ โฟเดอร์ใต้โปรแกรมแมคดราฟมี 3 โฟเดอร์คือ CHULA โฟเดอร์, ART โฟเดอร์ และ ENGINEER โฟเดอร์ ซึ่ง ART และ ENGINEER อยู่ใน CHULA โฟเดอร์ ใน ART โฟเดอร์มีแฟ้มข้อมูล BLD1, BLD2 และ BLD3 ส่วน ENGINEER โฟเดอร์ประกอบด้วยแฟ้มข้อมูล BLD3, BLD4

การจัดการเกี่ยวกับโฟเดอร์มีลักษณะเช่นเดียวกับแฟ้มข้อมูลคือ จะนำข้อมูลของโฟเดอร์เก็บไว้ในหน่วยความจำ แล้วจึงนำข้อมูลในหน่วยความจำของโฟเดอร์ไปค้นหาแฟ้มข้อมูลอีกทีหนึ่ง ซึ่งการจัดการโฟเดอร์ที่แตกต่างไปจากส่วนของแฟ้มข้อมูลคือ ส่วนที่เชื่อมโยงแฟ้มข้อมูลในการแสดงรายชื่อของโฟเดอร์และแฟ้มข้อมูล ส่วนการอ่านแฟ้มข้อมูลและเขียนแฟ้มข้อมูลเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการแฟ้มข้อมูลโดยตรงจึงไม่มีการเปลี่ยนแปลง

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้อาศัยฟังก์ชันของภาษาซีในการจัดการแฟ้มข้อมูล ซึ่งสำหรับคอมไพล์เลอร์ไลท์สปีดซีที่ผู้วิจัยใช้ในการแปลโปรแกรมประยุกต์นี้ได้ทำการจัดการแฟ้มข้อมูลโดยการเรียกใช้ฟังก์ชันต่าง ๆ ของระบบจัดการแฟ้มข้อมูลซึ่งเป็นโมดูลของระบบปฏิบัติการของแมคอินทอชโดยอาจทำการเปรียบเทียบได้ดังนี้

ฟังก์ชันของภาษาซี	ฟังก์ชันของระบบจัดการแฟ้มข้อมูล
creat	PBCreate
open	PBOpen
read	PBRead
write	PBWrite
close	PBClose

<u>แฟ้มข้อมูลของแมคอินทอช</u>

แฟ้มข้อมูลของแมคอินทอชจะประกอบด้วยชนิดของแฟ้มข้อมูลและโปรแกรมที่สร้างแฟ้มข้อมูลซึ่ง แฟ้มข้อมูลอักษรจะมีชนิดของแฟ้มข้อมูลเป็น "TEXT" ส่วนแฟ้มข้อมูลภาพอาจมีได้หลายรูปแบบขึ้นกับโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างภาพนั้น เช่น

โปรแกรมประยุกต์	ชนิดของแฟ้มข้อมูล	โปรแกรมที่สร้างแฟ้มข้อมูล
MacDraw	PICT	MDRW
MacDraft	DRWG	MACD
MacPaint	PNTG	MPNT
SuperPaint	SPTG	SPNT

การเก็บข้อมูลในแฟ้มข้อมูลต่าง ๆ จะเก็บแตกต่างกันคือ

1. <u>แฟ้มข้อมูลอักษร</u> จะมีการเก็บข้อมูลแบบเรียงลำดับโดยแต่ละระเบียนประกอบด้วยอักษรต่าง ๆ และจบท้ายระเบียนด้วยรหัสควบคุมซึ่งมีค่าในฐาน 16 เป็น 0Dh ดังนี้

This is 1st Text Record	0D	This is 2nd Text Record	0D

2. <u>แฟ้มข้อมูลภาพ</u> แฟ้มข้อมูลภาพของแมคอินทอชสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ (8)

2.1 พิกเซล-ออเรนเตด (Pixel-Oriented) ซึ่งจะแสดงรูปภาพโดยใช้บิตแมพ (Bit map) ในหน่วยความจำโดยแต่ละบิตจะแทนจุด 1 จุดบนจอภาพ นิยมใช้กับโปรแกรมสร้างภาพที่ไม่มีกฎเกณฑ์แน่นอน เช่น โปรแกรมแมคเพนท์ ซึ่งแมคเพนท์จะมีลักษณะของแฟ้มข้อมูลซึ่งประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปจำนวน 512 ไบท์ และ ข้อมูลภาพซึ่งถูกอัดไว้ให้มีขนาดเล็กลง (9)

2.2 ออบเจคท์-ออเรนเตด (Object-oriented) ซึ่งจะแสดงภาพจากข้อมูลที่เป็นองค์ประกอบของภาพ ข้อมูลนี้อาจเก็บอยู่ในรูปของคำสั่งที่ใช้ในการแสดงภาพ หรือในรูปของรหัสที่บอกให้รู้ว่าเป็นภาพอะไร ขนาดเท่าไร และ อยู่ที่ตำแหน่งใดบนจอภาพ นิยมใช้กับโปรแกรมสร้างภาพที่มีรูปทรงเรขาคณิต เช่น โปรแกรมแมคดราฟ ซึ่งแฟ้มข้อมูลของแมคดราฟจะประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไปจำนวน 628 ไบต์ และ ข้อมูลที่ตามมาจะแสดงถึงขนาดของภาพ ชนิดของภาพ ขนาดของเส้นที่ใช้ในการสร้างภาพ การใส่ลวดลายในภาพ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของเส้น ข้อมูลเกี่ยวกับมาตราส่วน จุดเริ่มต้นของภาพ เป็นต้น