บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบโทรศัพท์

โทรศัพท์ได้ถูกประดิษฐ์ขึ้นครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกา โดย Alexander Gramham Bell ในปี พ.ศ. 2419 โดยให้บริการครั้งแรกในเมือง New Haven เป็นระบบที่ใช้พนักงานต่อ (Manual Telephone System) และมีเพียง 21 หมายเลข ซึ่งต่อมาได้พัฒนาระบบโทรศัพท์เป็นระบบแบตเตอรี่ร่วม (Common Battery Telephone System) และในปี พ.ศ. 2433 Almon B. Strowger ได้พัฒนาระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ เรียกว่า ระบบทีละขั้น (step by step) และในปี พ.ศ. 2503 ได้มีการนำสารกึ่งตัวนำมาประยุกต์ใช้ในระบบโทรศัพท์ และในปี พ.ศ. 2513 ได้นำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ ควบคุมการทำงานของระบบโทรศัพท์ โดยควบคุมการทำงานด้วยซอฟต์แวร์ เรียกว่าระบบแอสพีซี (Stored Program Control , SPC) ซึ่งนำเอาเทคนิคของการกล้ำสัญญาณแบบรหัสพัลส์หลายทางแบ่งตามเวลา (Time Division Multiplex Pulse Code Modulation , TDM-PCM) ดังนั้นสัญญาณที่ส่งผ่านระหว่างชุมสายจะเป็นสัญญาณดิจิทัล (digital) ซึ่งถูกแปลงจากสัญญาณเสียงซึ่งเป็นสัญญาณแอนะล็อก (analog) มาเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยชุมสายระบบเอสพีซี เพื่อให้ได้จำนวนช่องสัญญาณมากขึ้น และป้องกันการรบกวนได้ดีกว่าการส่งสัญญาณแอนะล็อกระหว่างชุมสายแบบเดิม

สำหรับการพัฒนาระบบโทรศัพท์ในประเทศไทย เริ่มในปี พ.ศ. 2429 ได้มีการนำเอาระบบโทรศัพท์ระบบแบตเตอรี่ร่วม เข้ามาทดลองใช้โดยมีผู้ใช้บริการ 21 ราย และในปี พ.ศ. 2450 จึงมีการนำมาใช้งานทั่วไป โดยติดตั้งไว้ที่ ตำบลวัดเลียบ ในปี พ.ศ. 2465 มีการใช้งานโทรศัพท์แพร่หลายมากขึ้นโดยหมายเลขผู้เช่ามีจำนวน 1,422 หมายเลข และในปี พ.ศ. 2480 จึงเริ่มมีการนำระบบโทรศัพท์อัตโนมัติระบบทีละขั้น มาใช้ครั้งแรก และในปี พ.ศ. 2527 องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ได้นำเอาระบบโทรศัพท์แอสพีซีมาใช้โดยสั่งซื้อเครื่องชุมสายโทรศัพท์ระบบแอสพีซีแบบดิจิทัล NEAX-61 จากบริษัทเอ็นอีซี ประเทศญี่ปุ่น และ AXE-10 จากบริษัทอีริคสัน ประเทศสวีเดน ซึ่งรวมจำนวน 950,000 หมายเลข โดยติดตั้งในเขตนครหลวงจำนวน 520,000 หมายเลข

และในเขตภูมิภาคจำนวน 520,000 หมายเลข และต่อมาได้ให้บริษัทเอกชน คือบริษัทเทเลคอมเอเชีย มหาชน จำกัด รับสัมประทานติดตั้งโทรศัพท์ในเขตนครหลวง และ บริษัททีทีแอนด์ที รับสัมประทานติดตั้งในเขตภูมิภาค โดยมีการนำเอาเทคโนโลยีใยแก้วนำแสงมาใช้รับส่งข้อมูลดิจิทัลระหว่างชุมสาย ทำให้ระบบโทรศัพท์แพร่หลายมากขึ้น ปัจจุบันเมื่อเดือนมกราคม พ.ศ. 2541 ในเขตนครหลวง มีจำนวนหมายเลขโทรศัพท์ 4,286,579 หมายเลข โดยมีหลายเลขที่มีผู้ใช้บริการแล้ว 2,745,642 หมายเลข และจำนวนชุมสาย 318 ชุมสาย ส่วนในเขตภูมิภาค มีจำนวนหมายเลขโทรศัพท์ 2,916,746 หมายเลข โดยมีหลายเลขที่มีผู้ใช้บริการแล้ว 2,146,371 หมายเลข และจำนวนชุมสายโทรศัพท์ 2,488 ชุมสาย

โครงสร้างพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์ระบบแอสพีซีแบบดิจิทัล ซึ่งควบคุมการทำงานโดยใช้คอมพิวเตอร์ และอาศัยซอฟต์แวร์ทำให้สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานได้โดยการแก้ไขเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

1. ระบบย่อยการสลับแบบดิจิทัล (Digital Switching Subsystem) เป็นส่วนการสลับ (switching) ที่ใช้ในการต่อวงจรของผู้เช่า โดยสัญญาณจากเครื่องรับโทรศัพท์ของผู้ใช้บริการ จะถูกแปลงจากสัญญาณแอนะล็อก เป็นสัญญาณดิจิทัล โดยการเข้ารหัสและถอดรหัส (Codec) ที่วงจรข่ายการสลับแบบดิจิทัล (Digital Switching Network) แล้วจึงส่งไปยังชุมสายปลายทาง ซึ่งจะแปลงสัญญาณแอนะล็อก กลับไปเป็นสัญญาณดิจิทัล ที่ แอนะล็อกทรังค์ (Analog Trunk) โดยการเข้ารหัสและถอดรหัส

2. ระบบย่อยประมวลผลกลาง (Central Processor Subsystem) เป็นส่วนควบคุมการทำงานของระบบย่อยการสลับแบบดิจิทัล และระบบย่อยรับเข้าและส่งออก (Input / Output Subsystem) ซึ่งประกอบด้วยส่วนควบคุมกลาง (Central Control , CC) และหน่วยความจำหลัก (Main Memory , MM) โดยส่วนควบคุมกลางจะอ่านโปรแกรมและข้อมูลจากหน่วยความจำหลักเพื่อมาใช้ควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ

3. ระบบย่อยรับเข้าและส่งออก (Input / Output Subsystem) ประกอบด้วยส่วนของการรับข้อมูลเข้า และแสดงผลข้อมูล ได้แก่ เครื่องโทรพิมพ์ (Teletype Writer , TT) เพื่อป้อนคำสั่งเข้าสู่ระบบ , แถบบันทึกแม่เหล็กแบบกล่อง (Cartridge Magnetic Tape) เพื่อเก็บข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำหลัก ใช้สำรองในกรณีเกิดการขัดข้องของหน่วยความจำหลัก , แถบบันทึกแม่เหล็ก (Magnetic Tape) ใช้เก็บข้อมูลการใช้โทรศัพท์ของผู้ใช้บริการ เพื่อนำมาคิดค่าบริการ

ระบบชุมสายโทรศัพท์ระบบแอสพีซี สามารถนำมาใช้งานเป็น

1. เครื่องชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น (Local Exchange)
2. เครื่องชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านท้องถิ่น (Tandem Exchange)
3. เครื่องชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านทางไกล (Transit Exchange)
4. เครื่องชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านทางไกลต่างประเทศ (International Exchange)
5. เครื่องชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Exchange)

<u>เครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ</u>

ระบบโทรศัพท์ของประเทศไทย ซึ่งให้บริการโดยองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยเป็นเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ (Public Switched Telephone Network หรือ PSTN) ซึ่งให้บริการทั้งในเขตท้องถิ่นและทางไกล

Martin 1990 แบ่งระบบเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ ออกได้เป็น 4 ส่วน คือ

1. เครื่องมือ (Instruments) คืออุปกรณ์ในส่วนของผู้ใช้บริการ ได้แก่เครื่องรับโทรศัพท์ , เครื่องโทรสาร เป็นต้น

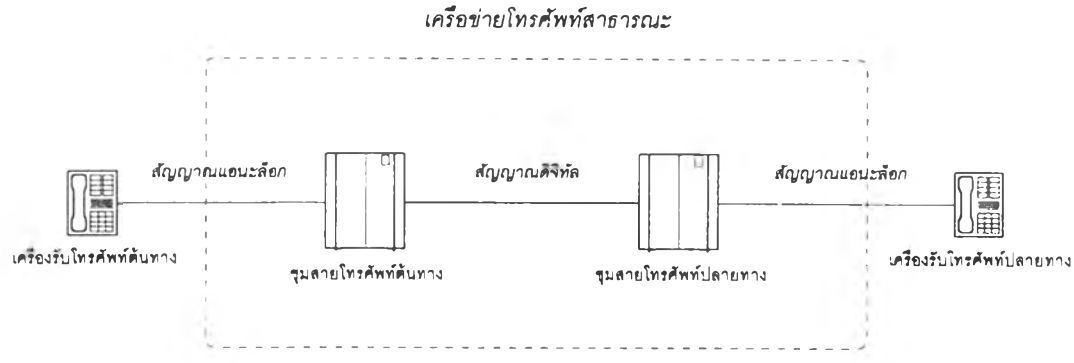
2. วงวนเฉพาะที่ (Local loops) คือสายนำสัญญาณที่ต่อเครื่องมือเข้ากับอุปกรณ์การสลับที่ชุมสายโทรศัพท์ ซึ่งมักจะใช้สายนำสัญญาณชนิด 2 เส้น

3. อุปกรณ์การสลับ (Switching facilities) คืออุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อสัญญาณของผู้ใช้บริการ เพื่อทำให้เกิดการสื่อสารขึ้น ซึ่งอุปกรณ์นี้จะอยู่ในชุมสายโทรศัพท์

4. วงจรทรังค์ (Trunk circuits) คือ อุปกรณ์เพื่อใช้จัดการข้อมูลของชุมสายโทรศัพท์ ในการรับส่งข้อมูลระหว่างชุมสาย ซึ่งอุปกรณ์นี้จะอยู่ในชุมสายโทรศัพท์

การทำงานของเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ เริ่มเมื่อเครื่องรับโทรศัพท์ต้นทางถูกยกหูขึ้น ชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณพร้อมหมุน (Dial Tone) เพื่อบอกว่าสามารถหมุนหรือกดหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อได้ เมื่อเครื่องรับโทรศัพท์ต้นทางกดหมายเลขโทรศัพท์ ชุมสายโทรศัพท์จะติดต่อไปยังชุมสายโทรศัพท์ปลายทางตามหมายเลขที่ถูกกด หากเครื่องรับโทรศัพท์ปลายทางถูกยกหูขึ้น หรือกำลังใช้อยู่ ชุมสายโทรศัพท์ปลายทางจะแจ้งกลับมายังชุมสายโทรศัพท์ต้นทาง เพื่อส่งสัญญาณสายไม่ว่าง (Busy) กลับไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ต้นทาง แต่ในกรณีที่เครื่องรับโทรศัพท์ปลายทางไม่ถูกยกหูขึ้น หรือถูกใช้อยู่แล้ว ชุมสายโทรศัพท์ปลายทาง จะทำการส่งสัญญาณเสียงกริ่ง (Ring) ไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ปลายทาง ในขณะเดียวกันชุมสายโทรศัพท์ต้นทาง จะส่งสัญญาณเรียกกลับ (Ring-Back) กลับไปที่เครื่องรับโทรศัพท์ต้นทางเพื่อแสดง

สถานะของการเรียกอีกฝ่ายหนึ่ง และเมื่อเครื่องรับโทรศัพท์ปลายทางถูกยกหูขึ้น การเชื่อมต่อจึงเกิดขึ้น ทำให้สามารถสนทนากันได้



รูปที่ 2.1 แสดงการเชื่อมต่อของเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ

ลักษณะสัญญาณของเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ ในขณะที่สนทนานั้น เริ่มจากเครื่องรับโทรศัพท์รับส่งเสียงสนทนาซึ่งเป็นสัญญาณแอนะล็อกไปยังชุมสายต้นทาง จากนั้นชุมสายต้นทางจะแปลงสัญญาณแอนะล็อกที่ได้ไปเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อให้ได้ช่องของสัญญาณ (Bandwidth) มากขึ้นระหว่างชุมสายทั้งสองแล้วส่งไปยังชุมสายปลายทาง จากนั้นชุมสายปลายทางจะแปลงสัญญาณดิจิทัลไปเป็นสัญญาณแอนะล็อก และส่งไปตามสายโทรศัพท์ไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ปลายทาง ดังแสดงในรูปที่ 2.1

<u>โมเด็ม</u>

โมเด็ม (modem ย่อมาจาก **mo**dulator - **dem**odulator) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณดิจิทัลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นทาง ไปเป็นสัญญาณแอนะล็อก เรียกว่าการกล้ำสัญญาณ (modulation) เพื่อส่งผ่านสัญญาณแอนะล็อกนั้นไปตามสายโทรศัพท์ของระบบโทรศัพท์ และเมื่อถึงปลายทางจะแปลงสัญญาณแอนะล็อกที่รับมา กลับไปเป็นสัญญาณดิจิทัล เรียกว่าการแยกสัญญาณ (demodulation) เพื่อส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทาง ดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 แสดงการเชื่อมต่อของโมเด็ม

ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อรับส่งข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์ จำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์รับส่งต้นทางและปลายทาง หรือ อุปกรณ์ดีทีอี (DTE ย่อมาจาก Data Terminal Equipment) ในระบบที่ศึกษาคือ เครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งต้นทางและเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทาง กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล หรือ อุปกรณ์ดีซีอี (DCE ย่อมาจาก Data Circuit terminating Equipment) ในระบบที่ศึกษาคือ โมเด็มทั้งต้นทางและโมเด็มปลายทาง ซึ่งการเชื่อมต่ออุปกรณ์ดีซีอี และอุปกรณ์ดีทีอี เรียกว่าการต่อประสาน (Interface) ซึ่งจำเป็นต้องมีมาตรฐานรองรับ ซึ่งมีอยู่หลายมาตรฐาน เช่น มาตรฐานการต่อประสานแบบอนุกรมชนิดอาร์เอส 232 (RS-232) , ชนิดอาร์เอส 422 (RS-422) ,ชนิดอาร์เอส 449 (RS-449) เป็นต้น แต่ที่นิยมใช้ คือ มาตรฐานการต่อประสานแบบอนุกรมชนิดอาร์เอส 232 ซึ่งถูกเสนอครั้งแรกในปี พ.ศ. 2505 ซึ่งรวมเอามาตรฐานขององค์การสหภาพโทรคมนาคมอุตสาหกรรมระหว่างประเทศหรือซีซีไอทีที (CCITT ย่อมาจาก Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique) แบบ V.24 และ มาตรฐานซีซีไอทีทีแบบ V.28 เข้าด้วยกัน

<u>การต่อประสานแบบอนุกรมชนิดอาร์เอส 232</u>

การต่อประสานแบบอนุกรมชนิดอาร์เอส 232 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ดีทีอี กับอุปกรณ์ดีซีอี เพื่อใช้ในการส่งถ่ายข้อมูลไบนารี (binary) แบบอนุกรม (serial) โดยที่มาตรฐานอาร์เอส 232 เป็นมาตรฐานที่ถูกกำหนดขึ้นมาโดย สมาคมอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม (Electronic Industries Association หรือ EIA) คำว่า RS ย่อมาจาก Recommended Standard แล้วตามด้วยเลข 3 ตัวและปิดท้ายด้วย A,B,C และ D ซึ่งแสดงถึงรุ่นที่ได้รับการพัฒนาของมาตรฐานอาร์เอส 232 นี้ จะเทียบเท่ากับมาตรฐานขององค์การสหภาพโทรคมนาคมอุตสาหกรรมระหว่างประเทศ หรือ ซีซีไอทีที V.24

คุณสมบัติทางกลของมาตรฐานอาร์เอส 232 ได้กำหนดให้ใช้เต้าเสียบที่มีขนาด 25 เข็ม แต่ละเข็มจะมีสายนำสัญญาณต่ออยู่ 1 เส้น ทำให้ต้องใช้สายนำสัญญาณจำนวน 25 เส้นที่มีลักษณะเป็นสายแพ (pair wire) ซึ่งรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.1

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของมาตรฐานอาร์เอส 232 ที่ใช้ในการเชื่อมต่อสัญญาณดิจิทัล แรงดันไฟบวกในช่วง +3 ถึง +25 โวลต์ แทนบิต 0 หรือ on และใช้แรงดันไฟลบในช่วง -3 ถึง -25 โวลต์ แทนบิต 1 หรือ off ส่วนแรงดันไฟฟ้าในช่วง -3 ถึง +3 โวลต์นั้นเป็นช่วงที่เปลี่ยนแปลงและไม่มีเสถียรภาพ ซึ่งรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.2

ความเร็วสูงสุดในการส่งข้อมูลของมาตรฐานอาร์เอส 232 คือ 20 กิโลบิตต่อวินาที โดยใช้สายนำสัญญาณยาว 15 เมตร ดังนั้นในทางปฏิบัติ หากต้องการรับส่งข้อมูลให้ได้มากกว่า 20 กิโลบิตต่อวินาที ต้องใช้สายนำสัญญาณที่สั้นกว่า 15 เมตร และหากสายนำสัญญาณยาวกว่า 15 เมตร ทำให้รับส่งข้อมูลได้น้อยกว่า 20 กิโลบิตต่อวินาที ในปัจจุบันผู้ผลิตสายนำสัญญาณได้ผลิตสายนำสัญญาณที่มีคุณสมบัติสูงกว่ามาตรฐาน อาร์เอส 232 โดยการชีลด์ (shield) เพื่อลดสัญญาณรบกวนและลดความต้านทานของตัวนำไฟฟ้าของสายนำสัญญาณ ทำให้สามารถรับส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงกว่า 20 กิโลบิตต่อวินาที โดยที่สายนำสัญญาณยาว 15 เมตร

Characteristics	EIA RS-232C
Form of operation	Single-ended
Max. cable length	15 m
Max. data rate	20 kBd
Driver output voltage , open circuit	±25 V (max.)
Driver output voltage , loaded output	±5 to ±15 V (min.)
Driver output voltage , power off	Ro = 300 Ω (min.)
Driver output short circuit current I	±500 mA (max.)
Receiver input resistance Rin	3 to 7 kΩ
Receiver input threshold	-3 to +3 V (max.)
Receiver input voltage	+25 to +25 V (max.)
Interconnecting cable type	Twisted-pair wire or flat cable conductor pair
Conductor size:	
Copper Wire (solid or standed)	24 AWG or larger
Other (per conductor)	C 10 Ω / 100 m
Capacitance:	
Mutual Pair	C 66 pF/m
Stray	C 130 pF/m
Pair-to-pair crosstalk (balanced) attenuation at 150 KHz	A 60 dB

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของมาตรฐานอาร์เอส 232C

หมายเลขขา	ชื่อย่อใน RS-232	ชื่อวงจร	ทิศทาง	ชนิดสัญญาณ
1	AA	Earth	-	-
2	BA	Transmitted data (TXD)	DTE -> DCE	ข้อมูล
3	BB	Received data (RXD)	DCE -> DTE	ข้อมูล
4	CA	Request to send(RTS)	DTE -> DCE	ควบคุม

ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดของขาตามมาตรฐานอาร์เอส 232C

หมายเลขขา	ชื่อย่อใน RS-232	ชื่อวงจร	ทิศทาง	ชนิดสัญญาณ
5	CB	Clear to send(CTS)	DCE -> DTE	ควบคุม
6	CC	Data set ready (DSR)	DCE -> DTE	ควบคุม
7	AB	Signal earth return	DCE -> DTE	ควบคุม
8	CF	Received line signal detector (DCD)	DCE -> DTE	ควบคุม
12	SCF	Secondary received line signal detector	DCE -> DTE	ควบคุม
13	SCB	Secondary clear to send	DCE -> DTE	ควบคุม
14	SBA	Secondary transmitted data	DTE -> DCE	ข้อมูล
15	DB	Transmitter signal timing	DCE -> DTE	เวลา
16	SSB	Secondary received data	DCE -> DTE	ข้อมูล
17	DD	Received signal timing	DCE -> DTE	เวลา
19	SCA	Secondary request to send	DTE -> DCE	ควบคุม
20	CD	Data terminal ready (DTR)	DTE -> DCE	ควบคุม
21	CG	Signal quality detector	DCE -> DTE	ควบคุม
22	CE	Ring indicator (RI)	DCE -> DTE	ควบคุม
23	CH	Data signal rate detector	DTE -> DCE	ควบคุม
24	DA	Transmitted signal timing	DTE -> DCE	เวลา
25	CI	Data signal rate selected	DCE -> DTE	ควบคุม

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) แสดงรายละเอียดของขาตามมาตรฐานอาร์เอส 232C

การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ดีทีอี กับอุปกรณ์ดีซีอี

อุปกรณ์ดีทีอีต้นทาง หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นทาง ส่งข้อมูลซึ่งเป็นแบบขนาน (parallel) และถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบอนุกรม โดยวงจรภาคส่งของอุปกรณ์ที่มีชื่อว่า UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) เพื่อทำให้สามารถส่งข้อมูลไปบนคู่สายเพียงคู่เดียวได้ ทั้งนี้ รูปแบบการส่งข้อมูลโดยอุปกรณ์ UART จะจัดให้ส่งบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดออกไปก่อน และอุปกรณ์ดีซีอีต้นทาง หรือ โมเด็มต้นทางจะแปลงข้อมูลแบบอนุกรม ที่ได้ให้เป็นสัญญาณเสียงซึ่งมีความถี่อยู่ในย่านที่สามารถส่งผ่านคู่สายโทรศัพท์ได้ ทางด้านปลายทาง สัญญาณเสียงที่ถูกส่งผ่านคู่สายโทรศัพท์จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของข้อมูลแบบอนุกรมโดยอุปกรณ์ดีซีอีปลายทางหรือโมเด็มปลายทาง แล้วส่งให้อุปกรณ์ดีทีอีปลายทาง หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทาง ซึ่งอุปกรณ์ UART จะจัดรูปแบบข้อมูลให้เป็นแบบขนานเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ต่อไป เนื่องจากข้อมูลที่ถูกส่งผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปนั้น เป็นข้อมูลที่ประกอบไปด้วยอักขระและตัวเลข รวมไปถึง

สัญลักษณ์ต่างๆ ซึ่งถูกจัดเก็บในรูปของกลุ่มตัวเลขฐานสอง เช่น ในกรณีของรหัสแบบแอสกี (ASCII ย่อมาจาก American Standard Code for Information Interchange) ดังแสดงในตารางที่ 2.3 โดยตัวอักขระ A จะถูกแทนด้วยข้อมูลแบบไบนารี 1000001 หรือ 41 ฐาน 16 นอกเหนือจากในส่วนของข้อมูลแล้ว ยังมีการเพิ่มบิตควบคุมลงไปอีกจำนวนหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบการรับส่งข้อมูล

CODE	CHAR	CODE	CHAR	CODE	CHAR	CODE	CHAR
00	NUL	20	(SP)	40	@	60	'
01	SOH	21	!	41	A	61	a
02	STX	22	"	42	B	62	b
03	ETX	23	#	43	C	63	c
04	EOT	24	$	44	D	64	d
05	ENQ	25	%	45	E	65	e
06	ACK	26	&	46	F	66	f
07	BEL	27	'	47	G	67	g
08	BS	28	(	48	H	68	h
09	TAB	29	)	49	I	69	i
0A	LF	2A	*	4A	J	6A	j
0B	VT	2B	+	4B	K	6B	k
0C	FF	2C	,	4C	L	6C	l
0D	CR	2D	-	4D	M	6D	m
0E	SO	2E	.	4E	N	6E	n
0F	SI	2F	/	4F	O	6F	o
10	DLE	30	0	50	P	70	p
11	DC1	31	1	51	Q	71	q
12	DC2	32	2	52	R	72	r
13	DC3	33	3	53	S	73	s
14	DC4	34	4	54	T	74	t
15	NAK	35	5	55	U	75	u
16	SYN	36	6	56	V	76	v
17	ETB	37	7	57	W	77	w
18	CAN	38	8	58	X	78	x
19	EM	39	9	59	Y	79	y
1A	SUB	3A	:	5A	Z	7A	z
1B	ESC	3B	;	5B	[	7B	{
1C	FS	3C	<	5C	\	7C	|
1D	GS	3D	=	5D	]	7D	}
1E	RS	3E	>	5E	^	7E	~
1F	US	3F	?	5F	_	7F	(DEL)

ตารางที่ 2.3 แสดงค่ารหัสแอสกี (ASCII)

ข้อมูลแบบอนุกรมที่ถูกส่งอยู่ระหว่างอุปกรณ์ UART และโมเด็มเป็นแบบไม่ประสานเวลา (Asynchronous) จะมีการแทนค่าข้อมูลด้วยระดับสัญญาณ 2 ค่า ซึ่งสัญญาณที่ใช้อาจเป็นแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าแล้วแต่กรณี โดยทั่วไปจะเรียกจุดที่มีการปรากฏของระดับสัญญาณว่า

mark และเรียกจุดที่ไม่มีสัญญาณปรากฏว่า space ในช่วงที่ไม่มีการส่งข้อมูลใดๆ ซึ่งเรียกว่าช่วง idle อุปกรณ์ UART และโมเด็มจะส่งสัญญาณ mark อยู่ตลอดเวลาทั้งนี้ เพื่อเป็นการยืนยันว่าการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองยังคงเกิดขึ้นอยู่ สัญญาณ mark จะใช้แทนข้อมูลที่มีค่าลอจิกเป็น "1" และสัญญาณ space ใช้แทนข้อมูลที่มีค่าลอจิกเป็น "0"

ในการรับส่งข้อมูลแบบไม่ประสานเวลา นอกจากจะมีส่วนของข้อมูลที่ต้องการจะส่งแล้ว ยังประกอบด้วยส่วนของข้อมูลที่ใช้เป็นสัญญาณฐานเวลาอ้างอิงอีกด้วย เริ่มจากก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลแทนอักขระใดๆ จะต้องมีบิตเริ่ม (start bit) ซึ่งแทนด้วยสัญญาณ space จำนวน 1 บิต และหลังจุดสิ้นสุดข้อมูลจะมีบิตหยุด (stop bit) แทนด้วยสัญญาณ mark โดยมีความยาวได้ตั้งแต่ 1 ถึง 2 บิตขึ้นอยู่กับรูปแบบของรหัสที่ใช้แทนค่าอักขระต่างๆ ทั้งนี้บิตเริ่มจะถูกใช้เพื่อแจ้งว่าเริ่มมีการส่งอักขระแล้ว ส่วนบิตหยุดจะใช้แจ้งให้วงจรภาครับเข้าสู่สภาวะเตรียมตรวจจับสัญญาณเริ่มต้นของชุดข้อมูลชุดต่อไป สำหรับในส่วนของบิตข้อมูล ซึ่งแทนค่าอักขระที่ต้องการจะส่งนั้นมีความยาวอยู่ในช่วง 5 ถึง 8 บิตแล้วแต่ว่าจะแทนค่าอักขระนั้นด้วยรหัสชนิดใด

การส่งอักขระจากอุปกรณ์ UART ไปยังโมเด็ม สามารถใช้รูปแบบการเข้ารหัสได้ 2 ชนิด คือการเข้ารหัสอักขระตามมาตรฐานซีซีไอทีที หมายเลข 2 ซึ่งแทนด้วยข้อมูลไบนารีขนาด 5 บิต และบิตหยุดยาว 1.5 บิต และการเข้ารหัสอักขระตามมาตรฐานแอสกี ซึ่งแทนด้วยข้อมูลไบนารีขนาด 7 บิต และบิตหยุดยาว 2 บิต โดยการเข้ารหัสจะมีการเพิ่มบิตภาวะ (parity bit) ทำหน้าที่ตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลที่เกิดขึ้น ระหว่างการรับส่งมีขนาด 1 บิตลงตามหลังกลุ่มบิตข้อมูล สำหรับค่าของบิตภาวะนั้นจะกำหนดได้ 2 รูปแบบคือ บิตภาวะคู่ (Even parity bit) หรือบิตภาวะคี่ (Odd parity bit) สำหรับการจัดบิตภาวะคู่ บิตภาวะจะมีค่าเป็น "1" ถ้าจำนวนบิตข้อมูลทั้ง 7 บิตมีบิตที่มีค่า "1" เป็นจำนวนคี่ และมีค่าเป็น "0" ถ้ามีจำนวนบิตข้อมูลที่มีค่าเป็น "1" เป็นจำนวนคู่ สำหรับการจัดบิตภาวะคี่จะเป็นในลักษณะตรงข้ามกัน

ในการเตรียมการที่จะรับส่งข้อมูลนั้น ผู้ที่ทำหน้าที่ติดตั้งและเชื่อมต่อโมเด็มเข้ากับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์จะต้องทราบถึงรูปแบบการรับส่งข้อมูลที่แน่นอนระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นทางและปลายทาง การปรับค่าพารามิเตอร์ในส่วนของรูปแบบการรับส่งข้อมูล จะทำให้การรับส่งข้อมูลเป็นไปได้อย่างถูกต้อง ปกติรูปแบบการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์โมเด็มที่นิยมใช้ได้แก่ 8N1 (8 data bit, no parity bit, 1 stop bit) ซึ่งหมายถึงการจัดรูปแบบข้อมูลที่มีจำนวนบิตข้อมูล 8 บิต ไม่มีการใช้บิตภาวะ และใช้บิตสิ้นสุดความยาว 1 บิต หรืออีกรูปแบบคือ 7E1 ซึ่งใช้บิตข้อมูล 7 บิต ใช้บิตภาวะคู่ และบิตหยุดยาว 1 บิต

การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ดีทีอีของการสื่อสารแบบไม่ประสานเวลา คือการสื่อสารที่ไม่มีการส่งสัญญาณควบคุมฐานเวลาในการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับในลักษณะบิตต่อบิต การควบคุมฐานเวลาจะใช้เพียงบิตเริ่มเป็นตัวกำหนดในการควบคุมจังหวะในการรับส่งข้อมูลที่เหลือ (กลุ่มบิตข้อมูล, บิตภาวะและบิตหยุด) ซึ่งเป็นการควบคุมฐานเวลาในลักษณะอักขระต่ออักขระ โดยที่อุปกรณ์ภาครับจะสร้างสัญญาณฐานเวลาขึ้นเองทันทีที่ตรวจพบบิตเริ่มโดยจะไม่ขึ้นกับฐานเวลาของบิตที่เหลือตามมาอีกต่อไปจนกว่าจะตรวจพบบิตเริ่มของกลุ่มข้อมูลถัดไป ทั้งนี้จะเห็นว่าโอกาสที่ฐานเวลาของกลุ่มข้อมูลที่ส่งจากภาคส่ง และฐานเวลาที่ภาครับสร้างขึ้นเองอาจมีการคลาดเคลื่อนกันได้ ซึ่งความคลาดเคลื่อนอาจเกิดขึ้นได้ตราบใดที่ไม่มากเกินกว่าที่ภาครับจะทำการตรวจจับข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

กระบวนการทำงานสำหรับการสื่อสารแบบไม่ประสานเวลาของอุปกรณ์ภาครับ ฐานเวลาของข้อมูลที่ถูกส่งออกจากภาคส่งอาจมีความเบี่ยงเบนคลาดเคลื่อนจากฐานเวลาที่ถูกสร้างขึ้นโดยวงจรภาครับ การตรวจจับข้อมูลของภาครับก็ยังเป็นไปได้อย่างถูกต้องซึ่งอธิบายการทำงานได้ดังนี้ เริ่มจากวงจรสุ่มสัญญาณของอุปกรณ์ภาครับตรวจพบจุดเริ่มต้นของบิตเริ่ม วงจรกำเนิดฐานเวลาของอุปกรณ์ภาครับ จะเริ่มทำการสั่งให้วงจรสุ่มสัญญาณ เริ่มสุ่มค่าสัญญาณที่จุดประมาณกึ่งกลางของพัลส์แต่ละลูกที่ถูกส่งจากอุปกรณ์ต้นทาง หากข้อมูลที่อ่านยังคงเป็นสัญญาณ space วงจรภาครับจะถือว่าบิตดังกล่าวเป็นบิตเริ่มจริง และวงจรสุ่มสัญญาณก็จะทำการสุ่มสัญญาณต่อไปด้วยคาบเวลาที่เท่ากับคาบของสัญญาณอินพุตโดยประมาณ การสุ่มสัญญาณจะเกิดขึ้นต่อไปจนจะได้ค่าของบิตข้อมูลทั้ง 7 บิตและบิตภาวะ และจนถึงค่าของบิตหยุด หลังจากนั้นจะตรวจพบบิตเริ่มของข้อมูลชุดต่อไป ซึ่งวงจรกำเนิดฐานเวลาของภาครับจะเริ่มต้นกำหนดฐานเวลาขึ้นใหม่ และการสุ่มค่าข้อมูลแต่ละบิตก็จะเกิดขึ้นใหม่เป็นเช่นนี้เรื่อยไป

<u>การรับส่งข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์</u>

Martin 1988 กล่าวว่า ระบบของคู่สายโทรศัพท์ออกแบบมาเพื่อรองรับสัญญาณที่มีความถี่ในช่วงเสียงคนพูดคือในช่วงประมาณ 300 เฮิรตซ์ (hertz) ถึง 3400 เฮิรตซ์ หรือมีความกว้างแถบความถี่ ประมาณ 4 กิโลเฮิรตซ์ สัญญาณที่มีความถี่สูงมากๆ จะไม่สามารถส่งผ่านคู่สายโทรศัพท์ได้ แต่รูปแบบของสัญญาณที่ใช้ในระบบคอมพิวเตอร์นั้นเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งมีระดับแรงดันที่แน่นอน 2 ระดับ การเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันในกรณีที่บิตที่ต่อเนื่องกันมีค่าไม่เท่ากันจะเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่เร็วมากขึ้น ทำให้ความถี่ที่ได้สูงมากขึ้น แต่เนื่องจากความกว้างแถบความถี่ของสายโทรศัพท์ มีค่าประมาณ 4 กิโลเฮิรตซ์ ทำให้เมื่อแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นแอนะล็อกแล้วส่งผ่านสายโทรศัพท์ จะรับส่งข้อมูลดิจิทัลได้ไม่เกิน 9600 บิตต่อวินาที (bit per second) ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องทำการแปลงรูปแบบของ ข้อมูลดิจิทัลที่ต้องการ

จะส่งให้อยู่ในรูปของสัญญาณซึ่งมีความถี่อยู่ในย่านความกว้างแถบความถี่ของคู่สายโทรศัพท์ จึงได้มีการพัฒนาพิธีการ หรือรูปแบบของการกล้ำสัญญาณที่จะส่งข้อมูลได้ปริมาณมากขึ้นในเวลาและความกว้างแถบความถี่ที่จำกัดของสายโทรศัพท์

การกล้ำสัญญาณ

การกล้ำสัญญาณเป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปแบบบางอย่างของคลื่นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่าสัญญาณพาหะ (carrier) ให้เปลี่ยนไปตามรูปแบบของอีกสัญญาณหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า Modulating signal สำหรับในกรณีของการรับส่งข้อมูลดิจิทัลผ่านคู่สายโทรศัพท์ กระบวนการกล้ำสัญญาณจะเป็นการนำคลื่นสัญญาณพาหะซึ่งเป็นสัญญาณรูปไซน์ (sine wave) ที่มีความถี่อยู่ในช่วง 300 เฮิรตซ์ถึง 3,400 เฮิรตซ์ มาทำการเปลี่ยนแปลงรูปแบบบางอย่างตามข้อมูลดิจิทัลที่ถูกส่งจากอุปกรณ์ดีทีอี รูปแบบของสัญญาณพาหะที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้แก่ แอมปลิจูดของสัญญาณ, ความถี่ของสัญญาณ และเฟสของสัญญาณ ซึ่งการกล้ำสัญญาณแต่ละแบบต่างก็มีการใช้งานในโมเด็มแต่ละรุ่นแตกต่างกัน

รูปแบบของการกล้ำสัญญาณมี 3 รูปแบบ คือ

1. การกล้ำสัญญาณแบบเชิงขนาด (Amplitude Modulation) หรือเรียกว่าเอเอสเค (ASK ย่อมาจาก Amplitude Shift Keying) เป็นการรวมสัญญาณข้อมูลกับคลื่นพาหะ โดยการเปลี่ยนขนาดของคลื่นพาหะ ไปตามรูปแบบของสัญญาณข้อมูล โดยแอมปลิจูดของสัญญาณพาหะมีค่าเป็น “0” เมื่อสัญญาณดิจิทัลมีค่าเป็น “0” และเริ่มมีสัญญาณพาหะ เมื่อสัญญาณดิจิทัลมีค่าเป็น “1” แต่ความถี่ของคลื่นพาหะยังคงเดิม ซึ่งเป็นลักษณะการกล้ำสัญญาณในยุคแรก ซึ่งระบบไม่มีความซับซ้อน แต่ประสิทธิภาพในการทำงานไม่ดี และถูกรบกวนได้ง่าย

2. การกล้ำสัญญาณแบบเชิงความถี่ (Frequency Modulation) หรือเรียกว่าเอฟเอสเค (FSK ย่อมาจาก Frequency Shift Keying) เป็นการรวมสัญญาณข้อมูลเข้ากับคลื่นพาหะ โดยการเปลี่ยนความถี่ของคลื่นพาหะ ไปตามรูปแบบของสัญญาณข้อมูล โดยความถี่ของสัญญาณพาหะจะต่ำลงกว่าปกติเมื่อสัญญาณดิจิทัลมีค่าเป็น “0” และจะมีความถี่ปกติเมื่อสัญญาณดิจิทัลมีค่าเป็น “1” โดยขนาดของคลื่นพาหะยังคงเดิม ซึ่งการกล้ำสัญญาณนี้ให้คุณภาพของสัญญาณดีกว่าการกล้ำสัญญาณแบบเชิงขนาดแต่ระบบจะซับซ้อนมากกว่า และมีการต้านทานต่อสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า (ประสิทธิ์ 2539)

3. การกล้ำสัญญาณแบบเชิงเฟส (Phase Modulation) หรือเรียกว่า พีเอสเค (PSK ย่อมาจาก Phase Shift Keying) เป็นการกล้ำสัญญาณโดยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณข้อมูล

จะมีผลให้เฟสของคลื่นพาหะเปลี่ยนไป โดยเฟสของสัญญาณจะถูกเลื่อนไปทุกครั้งที่ตรงกับบิตข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 และจะไม่มีการเลื่อนเฟสเมื่อตรงบิตที่มีค่าเป็น 0 การวัดเฟสของสัญญาณจะกระทำโดยเทียบกับเฟสของคลื่นที่แทนบิตก่อนหน้าบิตที่ต้องการจะตรวจวัด ซึ่งสามารถพัฒนาให้มีรูปแบบการเปลี่ยนเฟสได้หลายรูปแบบ (Multiphase PSK) เพื่อให้มีความเร็วของการรับส่งข้อมูลสูงขึ้น ซึ่งตัวอย่างของการกล้ำสัญญาณแบบเชิงเฟส เช่น พีเอสเคแบบ 4 เฟส (Quadrature PSK หรือ QPSK) ใช้การเปลี่ยนเฟส 4 เฟส ให้ผลกับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณข้อมูล 4 แบบ นั่นคือใน 1 ลูกคลื่นของสัญญาณพาหะสามารถส่งสัญญาณข้อมูลไปได้ 4 แบบ ทำให้มีความเร็วในการรับส่งข้อมูล ได้มากขึ้น

นอกจากนี้ยังมีการกล้ำสัญญาณแบบผสม คือทั้งเชิงขนาดและเฟสรวมกันทำให้ได้รูปแบบของข้อมูลมากขึ้น เช่นการรวมกันระหว่างพีเอสเคแบบ 8 เฟส กับเอเอสเค ทำให้ได้ลักษณะของคลื่นพาหะที่กล้ำสัญญาณแล้วเป็น 16 แบบ เรียกการกล้ำสัญญาณชนิดนี้ว่าเป็นแบบ คิวเอเอ็ม (QAM ย่อมาจาก Quadrature Amplitude Modulation) ซึ่งถูกใช้มากในโมเด็มความเร็วสูงในปัจจุบัน

<u>กระบวนการทำงานของโมเด็ม</u>

ในส่วนของโมเด็มที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณทางด้านผู้รับ จะทำหน้าที่กล้ำสัญญาณหรือแปลงรูปสัญญาณดิจิทัลที่ต้องการรับจากสัญญาณพาหะที่ถูกกล้ำสัญญาณ ซึ่งถูกส่งจากโมเด็มต้นทาง ในส่วนของภาคแยกสัญญาณจะประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่สัญญาณ (filter) และวงจรตรวจจับสัญญาณ (detector) ซึ่งใช้ตรวจจับสัญญาณซึ่งถูกส่งมาว่าถูกต้องตรงกับความถี่ที่ส่งหรือไม่ และวงจรแยกสัญญาณทางแอมปลิจูด , เฟส และความถี่ และวงจรปรับระดับสัญญาณเพื่อแปลงรูปสัญญาณที่ได้รับ ไม่ว่าจะเป็นการกล้ำสัญญาณแบบใดให้กลับมาอยู่ในรูปของสัญญาณไบนารีเหล่านั้น ให้มีระดับความแรงของสัญญาณตามมาตรฐานก่อน ที่จะส่งไปยังอุปกรณ์ UART และอุปกรณ์ดีทีอีต่อไป โดยระดับสัญญาณที่ใช้ทั้งด้านโมเด็มต้นทางและด้านโมเด็มปลายทาง ซึ่งกำหนดให้ระดับความแรงของสัญญาณความถี่ที่ใช้ส่งจะแรงกว่าความถี่ที่ใช้รับเสมอ เนื่องจากสัญญาณที่ได้อาจเกิดการลดทอนของความแรงสัญญาณ ทำให้ระดับสัญญาณที่ได้รับลดลงเมื่อเทียบกับสัญญาณที่ถูกส่งจากต้นทาง

ในโมเด็มระยะแรก ที่รับส่งข้อมูลด้วยความเร็วต่ำ จะเป็นโมเด็มแบบสื่อสารทางเดียว (Simplex) เป็นโมเด็มที่ใช้สำหรับรับหรือส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว และโมเด็มแบบสื่อสารสองทางแบบครึ่งอัตรา (Half Duplex) เป็นโมเด็มที่สามารถรับหรือส่งได้โดยต้องไม่ใช้เวลาพร้อมกันในการรับหรือส่ง โดยในย่านความถี่เสียงจะมีการกำหนดความถี่กึ่งกลางไว้ที่ 1,170 เฮิรตซ์ สำหรับการแทนค่าข้อมูลไบนารีที่เป็น "1" จะใช้การส่งความถี่ 1,270 เฮิรตซ์และสำหรับข้อมูลที่มี

ค่าเป็น "0" จะส่งความถี่เป็น 1,070 เฮิรตซ์ ดังนั้นสัญญาณที่ปรากฏขึ้นบนคู่สายโทรศัพท์ในกรณีจากโมเด็มซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่งจะเป็นสัญญาณที่มีค่าความถี่ 1,070 เฮิรตซ์ และ 1,270 เฮิรตซ์ขึ้นอยู่กับค่าของข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์ดีทีอี ว่าเป็น "0" หรือ "1"

สำหรับกรณีของโมเด็มแบบสื่อสารสองทางแบบเต็มอัตรา (Full Duplex) เป็นโมเด็มที่สามารถรับและส่งข้อมูลได้พร้อมๆ กัน รูปแบบของการจัดใช้งานความถี่สำหรับการกล้ำสัญญาณจะแบ่งย่านความถี่เสียงออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งส่วนล่างใช้สำหรับรับส่งข้อมูลในทิศทางหนึ่ง และส่วนบนใช้รับส่งข้อมูลในทิศทางกลับกัน สำหรับย่านความถี่ส่วนล่างมีการกำหนดความถี่กลางไว้ที่ 1,170 เฮิรตซ์ การแทนค่าข้อมูลไบนารีที่มีค่าเป็น "0" จะใช้ความถี่ 1,070 เฮิรตซ์ และการแทนค่าข้อมูลไบนารีที่มีค่าเป็น "1" จะใช้ความถี่ 1,270 เฮิรตซ์ ส่วนย่านความถี่ส่วนบน จะแทนด้วยค่าความถี่ 2,025 เฮิรตซ์ และ 2,225 เฮิรตซ์ สำหรับค่าข้อมูลไบนารีเป็น "0" และ "1" ตามลำดับ โดยการกำหนดใช้งานความถี่ดังกล่าวได้มีการใช้งานจริงในมาตรฐานโมเด็มตระกูล Bell 103 ซึ่งกำหนดขึ้นโดยห้องปฏิบัติการเบลล์ และได้เป็นหนึ่งในมาตรฐานโมเด็มของประเทศสหรัฐอเมริกา

รูปแบบอีกรูปแบบหนึ่งเป็นการจัดใช้งานความถี่สำหรับรับและส่งตามมาตรฐานยุโรป ซึ่งความถี่สำหรับใช้ส่งจากโมเด็มต้นทางและรับโดยโมเด็มปลายทางมีค่าเป็น 1,180 เฮิรตซ์ และ 980 เฮิรตซ์ สำหรับข้อมูลไบนารี "0" และ "1" ตามลำดับ และความถี่สำหรับใช้ส่งจากโมเด็มปลายทางและรับโดยโมเด็มต้นทางมีค่าเป็น 1,850 เฮิรตซ์ และ 1,650 เฮิรตซ์

ตัวอย่างการทำงานของโมเด็มอีกมาตรฐานหนึ่งคือโมเด็มมาตรฐาน Bell 202 ซึ่งได้รับการออกแบบให้สามารถส่งหรือรับข้อมูลได้ในทิศทางเดียวด้วยอัตราเร็วของการรับส่งข้อมูล 1,200 บิตต่อวินาที เนื่องจากอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลซึ่งสูงกว่าโมเด็มตระกูล 103 ทำให้ต้องมีการกำหนดความถี่ใช้งานใหม่ โดยระยะห่างของความถี่ที่ใช้แทนสัญญาณ ไบนารี "1" และความถี่ที่ใช้แทนสัญญาณไบนารี "0" จะถูกแยกให้อยู่ห่างจากกันมากขึ้นเมื่อเทียบกับโมเด็มตระกูล Bell 103 ซึ่งกำหนดความถี่กลางไว้ที่ 1,700 เฮิรตซ์และใช้ความถี่ 1,200 เฮิรตซ์และ 2,200 เฮิรตซ์ สำหรับแทนสัญญาณไบนารี "0" และ "1" ตามลำดับ การออกแบบดังกล่าวทำให้ไม่มีย่านความถี่กว้างเพียงพอที่จะใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลในทิศทางกลับกัน จึงทำให้โมเด็มแบบ Bell 202 ทำงานได้เฉพาะในการสื่อสารสองทางแบบครึ่งอัตรา แต่ได้มีการกำหนดค่าความถี่ 387 เฮิรตซ์ สำหรับใช้เป็นช่องสัญญาณย้อนกลับ (reverse direction) ซึ่งช่องสัญญาณดังกล่าวจะใช้สำหรับให้โมเด็มปลายทาง ส่งสัญญาณตอบกลับมายังโมเด็มต้นทาง ทั้งนี้เพื่อเป็นการแจ้งให้โมเด็มต้นทางทราบอยู่ตลอดเวลาว่าการเชื่อมต่อระหว่างโมเด็มทั้งสองยังคงอยู่ตลอดเวลา

โครงสร้างภายในของโมเด็ม

โดยยกตัวอย่างโมเด็มตระกูล Bell 103 ซึ่งโครงสร้างภายในโมเด็ม เริ่มจากจุดต่อคู่สายโทรศัพท์ซึ่งเป็นแบบ 2 สาย จะถูกนำมาเชื่อมต่อกับขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลง ซึ่งทำหน้าที่แมตชิ่งอิมพีแดนซ์ของคู่สาย (โดยทั่วไปประมาณ 600 โอห์ม) กับอิมพีแดนซ์ภายในวงจรโมเด็ม สำหรับขดลวดด้านทุติยภูมิจะเชื่อมต่อกับอินพุตของวงจรภาครับ และเอาต์พุตของวงจรภาคส่งภายในโมเด็ม โดยมีวงจรกรองสัญญาณเฉพาะย่านความถี่ (band pass filter) ติดตั้งอยู่ในส่วนหน้าของวงจรภาครับ และที่จุดเอาต์พุตของวงจรภาคส่ง เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้สัญญาณที่ถูกส่งออกจากวงจรภาคส่งไปรบกวนวงจรภาครับ นอกจากนี้วงจรกรองสัญญาณของภาครับ ยังทำหน้าที่กรองสัญญาณรบกวนต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นผ่านมาทางคู่สายโทรศัพท์ด้วย

ในส่วนของวงจรภาครับ ประกอบด้วยวงจรจำกัดแรงดัน (limitor) ทำหน้าที่จำกัดแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณที่ผ่านเข้ามาทางหม้อแปลงไม่ให้มีค่าสูงมากเกินไป จนทำให้วงจรภายในโมเด็มเกิดความเสียหาย สำหรับวงจรตรวจจับการหน่วง (delay detector) ทำหน้าที่หน่วงสัญญาณที่ได้รับจากวงจรจำกัดแรงดัน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณพาหะ ซึ่งถูกส่งมาจากวงจรตรวจจับสัญญาณพาหะ (carrier detector) ผลจากการเปรียบเทียบจะถูกส่งผ่านต่อไปยังวงจรตัดยอดคลื่น (slicer) ซึ่งทำหน้าที่ตัดยอดคลื่นทั้งด้านบนและด้านล่างของสัญญาณที่ได้รับ รวมถึงทำหน้าที่แปลงค่าสัญญาณไปเป็นข้อมูลไบนารีซึ่งมีการแทนค่าสัญญาณ “1” และ “0” ด้วยระดับแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยสัญญาณไบนารีจะถูกส่งต่อไปยังอุปกรณ์ UART และคอมพิวเตอร์ต่อไป สัญญาณดังกล่าวถูกเรียกว่า REC DIGITAL DATA และสำหรับสัญญาณ CARRIER DETECT เป็นสัญญาณไบนารีซึ่งจะมีค่าเป็น “1” เมื่อวงจรตรวจจับสัญญาณพาหะตรวจพบสัญญาณพาหะบนคู่สายโทรศัพท์

ในส่วนของวงจรภาคส่ง สัญญาณไบนารีที่ได้รับจากอุปกรณ์ UART หรือเรียกว่า XMIT DIGITAL DATA จะถูกส่งไปยังวงจรออสซิลเลเตอร์แบบเอฟเอสเค ซึ่งทำหน้าที่กล้ำสัญญาณที่ได้กับความถี่พาหะก่อนส่งต่อไปยังวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ เพื่อกรองสัญญาณรบกวนที่อาจเกิดขึ้นจากวงจรออสซิลเลเตอร์ออกไป จากนั้นจึงส่งสัญญาณที่ผ่านการกล้ำสัญญาณแล้วไปยังหม้อแปลงและคู่สายโทรศัพท์ต่อไป

การออกแบบโมเด็มตามโครงสร้างดังกล่าว ใช้อุปกรณ์พาสซีฟ (passive) และอุปกรณ์แอคตีฟ (active) ต่างๆมาประกอบกัน ซึ่งแต่ละส่วนส่งผลให้อุปกรณ์โมเด็มในยุคแรกๆ มีขนาดใหญ่มากไม่สะดวกในการติดตั้ง และบางครั้งจะก่อให้เกิดความร้อนเมื่อใช้งานโมเด็มเป็นเวลานาน ในระยะต่อมาเมื่อเทคโนโลยีทางด้านเซมิคอนดักเตอร์ (semiconductor) มีความก้าวหน้ามากขึ้น

จึงได้มีการรวมวงจรส่วนต่างๆลงบนไอซี (IC ย่อมาจาก Integrated Circuit) เพียงไม่กี่ตัว ทำให้การออกแบบสร้างโมเด็มเป็นไปได้ง่ายขึ้น ใช้อุปกรณ์น้อยชิ้น ทำให้โมเด็มในยุคต่อมาจึงมีขนาดเล็กลงมาก และยังมีความสามารถพิเศษเพิ่มขึ้นอีกหลายประการดังนี้

-อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงมาก โดยเทคโนโลยีในปัจจุบันสามารถทำให้โมเด็มรับส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราเร็วสูงสุดถึง 33,600 บิตต่อวินาที

-สามารถหมุนเลขหมายโทรศัพท์ได้โดยการโปรแกรมภายในตัวโมเด็มเอง ไม่จำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์สั่งการ นอกจากนั้นยังสามารถรับสายเรียกเข้าได้เองโดยอัตโนมัติ

-สนับสนุนการรับส่งโทรสาร

-สามารถปรับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลได้อย่างอัตโนมัติ โดยใช้กระบวนการตรวจสอบอัตราเร็วกับโมเด็มปลายทาง

<u>การใช้งานและชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของโมเด็ม</u>

การใช้งานและสั่งการให้โมเด็มทำงาน จะใช้ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของโมเด็ม (AT Commands Set) ที่พัฒนาโดย เฮยส์ คอมมูนิเคชั่น (Hayes Communication) ถูกใช้ในโมเด็มสมัยแรกๆ ซึ่งเป็นชุดคำสั่งมาตรฐานแบบพื้นฐาน (Basic AT Commands Set) โดยทุกคำสั่งจะขึ้นต้นด้วยคำว่า AT แล้วตามด้วยสัญลักษณ์แทนคำสั่งนั้นๆ ต่อมามีการพัฒนาให้ใช้ได้กับโมเด็มรุ่นใหม่เป็นชุดคำสั่งควบคุมการทำงานแบบเพิ่มเติม (Extend AT Commands Set) ซึ่งผู้ผลิตโมเด็มต่างก็ใช้ คำสั่งที่แตกต่างกันไป รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.4 - 2.7

ตัวอย่างชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของโมเด็มแบบพื้นฐาน

ATDT123 เป็นคำสั่งให้โมเด็ม ทำการต่อโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มไปยังหมายเลข 123

ATL1 เป็นคำสั่งให้โมเด็ม ตั้งค่าความดังของลำโพงไว้ที่ระดับ 1

ATZ เป็นคำสั่งให้โมเด็ม ทำการตั้งใหม่ (reset) ตัวเอง

Command	Meaning
A/	Repeat last command
ATA	Answer call
ATBn	Select the method of modem modulation 0 = CCITT V.22 at 1200 bps 1 = Bell 212A at 1200 bps
ATCn	Turn modem's carrier on 0 = Turn carrier OFF 1 = Turn carrier ON
ATDn	Dial a telephone number

ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดของชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของโมเด็มแบบพื้นฐาน

Command	Meaning
ATEn	Enable or inhibit echo of charecters of the screen 0 = Echo is OFF 1 = Echo is ON
ATFn	Switch between half and full duplex modem operation 0 = Half duplex 1 = Full duplex
ATHn	Hang up telephone or pick up telephone 0 = On Hook 1 = Off Hook
ATIn	Request identification code or request check sum 0 = Identication 1 = Checksum 2 = Check Rom
ATMn	Turn speaker off or on 0 = OFF 1 = ON when dialing 2 = ON 3 = ON after last digit dialing
ATLn	Select the speaker volume (0 - 3 loundest)
ATNn	Negotiate handshake options
ATOn	Place modem on-line 0 = Off Hook in the same mode 1 = Off Hook in initiate sequence
ATP	Pulse dial
ATQn	Request modem to send or inhibit sending of result code 0 = Enable 1 = Disable 2 = Enable when call , Disable when answer
ATR	Change modem mode to originate-only
ATSn=x	Set modem register values
ATT	Touchtone dial
ATVn	Send result code as digits or words 0 = Enable numeric code 1 = Enable verbal description code
ATWn	Negotiation progress message selection
ATXn	Use basic or extended result code set
ATYn	Enable or inhibit long space disconnect 0 = not respond break signal 1 = disconnect when receive break signal
ATZn	Reset the modem
+++	Escape command

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) แสดงรายละเอียดของชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของโมเด็มแบบพื้นฐาน

ตัวอย่างชุดคำสั่งควบคุมการทำงานโมเด็มแบบเพิ่มเติม

AT&F เป็นคำสั่งให้โมเด็ม นำค่าที่ดิดตั้งซึ่งกำหนดจากผู้ผลิตโมเด็มออกมาใช้

AT&MO เป็นคำสั่งให้โมเด็ม เลือกการเชื่อมโยง เป็นแบบไม่ประสานเวลา

AT&T1 เป็นคำสั่งให้โมเด็มทำการทดสอบสัญญาณแอนะล็อกแบบวนกลับของต้นทาง

Command	Meaning
AT&A0	Connect as answering modem when auto-answering
AT&A1	Connect as originating modem when auto-answering
AT&B0	Disable V.32/V.32bis automatic retrain
AT&B1	Enable V.32/V.32bis automatic retrain
AT&F	Recall factory default configuration
AT&K0	Disable slow control
AT&K1	Enable RTS/CTS flow control
AT&K2	Enable XON/XOFF flow control
AT&K3	Enable RTS/CTS flow control using DC1 and DC3 charecters
AT&K4	Enable XON/XOFF flow control using DC1 and DC3 charecters
AT&K5	Enable transparent XON/XOFF flow control
AT&L0	Select dial line operation
AT&L1	Select leased line operation
AT&O0	move to PAD command state (PAD=Packet Assembler-Disassembler)
AT&O1	move to PAD command state channel 1
AT&O2	move to PAD command state channel 2
AT&O3	move to PAD command state channel 3
AT&O4	move to PAD command state channel 4
AT&U0	Enable trellis coding
AT&U1	Disable trellis coding
AT&V	View configuration profiles
AT&C0	Assume data carrier always present
AT&C1	Track presence of data carrier
AT&D0	Ignore DTR signal
AT&D1	Assume command state when ON-to-OFF transition of DTR occurs
AT&D2	Hang up and assume command state when ON-to-OFF of DTR occurs
AT&D3	Reset when an ON-to-OFF transition of DTR occurs
AT&D4	Reset an Enter low power mode DTR is low
AT&G0	No guard tone
AT&G1	550 Hz guard tone
AT&G2	1800 Hz guard tone
AT&J0	RJ-11/RJ41s/RJ-45s telco jack
AT&J1	RJ-12/RJ-13 telco jack
AT&M0	Asychronous mode
AT&M1	Sychronous mode 1
AT&M2	Sychronous mode 2
AT&M3	Sychronous mode 3
AT&R0	Track CTS according to RTS
AT&R1	Ignore RTS ; always assume presence of CTS
AT&S0	Assume presence of DSR signal
AT&S1	Track presence of DSR signal
AT&T0	Terminate test in progress
AT&T1	Initiate local analog loopback
AT&T3	Initiate local digital loobback
AT&T4	Grant request from remote modem for RDL
AT&T5	Deny request from remote modem for RDL
AT&T6	Initiate remote digital loopback
AT&T7	Initiate remote digital loopback with self-test
AT&T8	Initiate local analog loopback with self-test
AT&W0	Save storable parameters of active configuration as profile 0
AT&W1	Save storable parameters of active configuration as profile 1
AT&X0	Modem provides transmit clock signal
AT&X1	Data terminal provides transmit clock signal
AT&X2	Receive carrier provides transmit clock signal
AT&Z	Store telephone numbers

ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของโมเด็มแบบเพิ่มเติม

Digit code	Word code	Digit code	Word Code
0	OK	63	CONNECT 26400
1	CONNECT	64	CONNECT 28800
2	RING	17	CONNECT 38400
3	NO CARRIER	18	CONNECT 57600
4	ERROR	19	CONNECT 115200
5	CONNECT 1200	40	CARRIER 300
6	NO DIAL TONE	46	CARRIER 1200
7	BUSY	47	CARRIER 2400
8	NO ANSWER	48	CARRIER 4800
9	CONNECT 600	49	CARRIER 7200
10	CONNECT 2400	50	CARRIER 9600
11	CONNECT 4800	51	CARRIER 12000
12	CONNECT 9600	52	CARRIER 14400
13	CONNECT 7200	53	CARRIER 16800
14	CONNECT 12000	54	CARRIER 19200
15	CONNECT 14400	55	CARRIER 21600
59	CONNECT 16800	56	CARRIER 24000
16	CONNECT 19200	57	CARRIER 26400
61	CONNECT 21600	58	CARRIER 28800
62	CONNECT 24000		

ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียดของค่า Result Code

Register	Function	Default values	Range
S0	Ring to answer on	0	0-255
S1	Count number of rings	0	0-255
S2	Escape code charecters	ASCII 43	0-127
S3	Carriage return charecters	ASCII 13	0-127
S4	Line feed charecters	ASCII 10	0-127
S5	Backspace charecters	ASCII 8	0-127
S6	Dial tone wait time in seconds	2	2-255
S7	Carrier wait time in seconds	30	1-255
S8	Pause time caused by comma in seconds	2	0-255
S9	Carrier detect response time in units of 1/10 seconds	6	1-255
S10	Time deley between loss of carrier and hang up in units of 1/10 seconds	7	1-255
S11	Touch-tone duration and spacing time in 1/1000 seconds	70	50-255
S12	Escape sequence guard time in units of 20/1000 seconds	50	0-255

ตารางที่ 2.7 แสดงรายละเอียดของค่า S Register Control Parameters

<u>พิธีการ</u>

พิธีการในการแปลงสัญญาณมีหลายรูปแบบ โมเด็มสมัยแรกๆ ใช้พิธีการที่เป็นมาตรฐาน Bell System 103 ซึ่งพัฒนาโดย เอทีแอนด์ที (AT&T) สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 300 บิตต่อวินาที ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาความสามารถให้มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้ถึง 28800 บิตต่อวินาที ซึ่งเป็นมาตรฐานซีซีไอทีที V.34 พิธีการที่เป็นมาตรฐานของโมเด็มในปัจจุบัน ซึ่งสามารถใช้ได้กับมาตรฐานดังนี้

- ซีซีไอทีที V.34 โดยส่งข้อมูลแบบประสานเวลา (Synchronous) ชนิดการสื่อสารสองทางแบบเต็มอัตรา สามารถรับส่งข้อมูลได้ถึง 28800 บิตต่อวินาที โดยใช้การกล้ำสัญญาณแบบคิวเอเอ็ม

- ซีซีไอทีที V.32 bis โดยส่งข้อมูลแบบประสานเวลา ชนิดการสื่อสารสองทางแบบเต็มอัตรา สามารถรับส่งข้อมูลได้ถึง 14400 บิตต่อวินาที โดยการกล้ำสัญญาณแบบคิวเอเอ็ม

- ซีซีไอทีที V.32 โดยส่งข้อมูลแบบประสานเวลา หรือแบบไม่ประสานเวลาชนิดการสื่อสารสองทางแบบเต็มอัตรา สามารถรับส่งข้อมูลได้ถึง 9600 บิตต่อวินาที โดยการกล้ำสัญญาณแบบคิวเอเอ็ม

- ซีซีไอทีที V.22 bis โดยส่งข้อมูลแบบประสานเวลา หรือแบบไม่ประสานเวลาชนิดการสื่อสารสองทางแบบเต็มอัตรา สามารถรับส่งข้อมูลได้ถึง 2400 บิตต่อวินาที โดยการกล้ำสัญญาณแบบคิวเอเอ็ม ซึ่งพัฒนา มาจาก ซีซีไอทีที V.22

- ซีซีไอทีที V.22 โดยส่งข้อมูลแบบไม่ประสานเวลา ชนิดการสื่อสารสองทางแบบเต็มอัตรา สามารถรับส่งข้อมูลได้ 1200 บิตต่อวินาที โดยใช้การกล้ำสัญญาณแบบพีเอสเค

- ซีซีไอทีที V.21 โดยส่งข้อมูลแบบไม่ประสานเวลา ชนิดการสื่อสารสองทางแบบเต็มอัตรา สามารถรับส่งข้อมูลได้ 300 บิตต่อวินาที โดยใช้การกล้ำสัญญาณแบบพีเอสเค

- Bell System 212 พัฒนาโดยเอทีแอนด์ที (AT&T) ส่งข้อมูลแบบไม่ประสานเวลาชนิดการสื่อสารสองทางแบบเต็มอัตรา สามารถรับส่งข้อมูลได้ 1200 บิตต่อวินาที โดยการกล้ำสัญญาณแบบพีเอสเค ใช้ในโมเด็มสมัยแรกๆ

- Bell System 103 พัฒนาโดยเอทีแอนด์ที ส่งข้อมูลแบบไม่ประสานเวลา ชนิดการสื่อสารสองทางแบบเต็มอัตรา สามารถรับส่งข้อมูลได้ 300 บิตต่อวินาที โดยการกล้ำสัญญาณแบบเอฟเอสเค ใช้ในโมเด็มสมัยแรกๆ

การที่โมเด็มจะใช้พิธีการใดในการติดต่อกันนั้น จะขึ้นอยู่กับโมเด็มของทั้งต้นทางและปลายทาง จะต้องใช้พิธีการที่สามารถใช้ได้และให้ความเร็วสูงสุดที่ทั้งสองโมเด็มจะรองรับได้ นอกจากพิธีการ ในการแปลงสัญญาณแล้ว ยังมีมาตรฐานในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและแก้ไขข้อผิดพลาด (error correction) อันเนื่องมาจากการรับส่งข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์ ได้แก่ มาตรฐาน MNP 1 - 4 ซึ่งพัฒนาโดยไมโครคอม เน็ตเวิรค์ โปรโตคอล (Microcom Networking Protocol) โดยมาตรฐานต่างๆ ตั้งแต่ 1 - 4 จะบ่งบอกถึงลักษณะของการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารในรูปแบบต่างๆ เช่น เป็นแบบไม่ประสานเวลา หรือแบบประสานเวลา และการสื่อสารสองทางแบบเต็มอัตรา หรือการสื่อสารสองทางแบบครึ่งอัตรา นอกจากนี้ยังมีมาตรฐานที่ถูกพัฒนาโดย ซีซีไอทีที คือมาตรฐานซีซีไอทีที V.42 เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในระหว่างการรับส่ง ซึ่งใช้กับโมเด็มความเร็วสูง (high speed modem คือโมเด็มที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลตั้งแต่ 9600 บิตต่อวินาทีขึ้นไป)

นอกจากนั้นแล้วยังมีพิธีการที่เป็นมาตรฐานในการบีบอัดและขยายข้อมูลในระหว่างการรับส่งข้อมูล (Compression and Decompression) ได้แก่ มาตรฐาน MNP-5 ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย ไมโครคอม เน็ตเวิรค์ โปรโตคอล ซึ่งมีอัตราการบีบอัดและขยายข้อมูลเป็น 2 : 1 และอีกมาตรฐานหนึ่งได้แก่ มาตรฐานซีซีไอทีที V.42 bis มีอัตราการบีบอัดและขยายข้อมูลเป็น 4 : 1 ซึ่งใช้มากในโมเด็มความเร็วสูง ซึ่งพิธีการบีบอัดและขยายข้อมูล จะใช้ร่วมกับพิธีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ในระหว่างการรับส่งข้อมูล

Number	Title
V.21	300 bit/s duplex modem standardized for use in the general telephone network
V.22	1200 bit/s duplex modem standardized for use on the GSTN and on point-to-point ,two wire leased telephone-type circuits
V.22 bis	2400 bit/s duplex modem using the frequency division technique standardized for use on the GSTN and on point-to-point ,two wire leased telephone-type circuits
V.24	List of definitions for interchange circuits between data terminal equipment (DTE) and data circuit-terminating equipment (DCE)
V.26	2400 bit/s modem standardized for use on 4 wire leased telephone-type circuits

ตารางที่ 2.8 แสดงตัวอย่างรายละเอียดมาตรฐานซีซีไอทีทีในกลุ่มวี (CCITT V.Series)

Number	Title
V.26 bis	2400/1200 bit/s modem standardized for use in the general switched telephone network
V.27	4800 bit/s modem with manual equalizer standardized for use on leased telephone-type circuits
V.27 ter	4800/2400 bit/s modem standardized for use in the general leased telephone-type circuits
V.28	Electrical characteristics for unbalanced double-current interchange circuits
V.29	9600 bit/s modem standardized for use on pont-to-point , four wire leased telephone type circuits
V.32	A family of 2-wire,duplex modem operating at data signaling rates of up to 9600 bit/s for use on the GSTN and on leased telephone-type circuits
V.32 bis	14400/12000 bit/s modem standardized for use on point-to-point 4-wire leased telephone-type circuits
V.34	28800 bit/s modem standardized for use on point-to-point 4-wire leased telephone-type circuits
V.42	Standard for modem communications defines a two stage process of detection and negotiation for LAPM error control
V.42 bis	Extensions that defines a specific data compresion scheme for use during V.42 connections

ตารางที่ 2.8 (ต่อ) แสดงตัวอย่างรายละเอียดมาตรฐานซีซีไอทีทีในกลุ่มวี (CCITT V.Series)

<u>การถ่ายโอนไฟล์ (file transfer)</u>

ในการถ่ายโอนข้อมูลที่อยู่ในรูปของไฟล์จำเป็นต้องมีการกำหนดมาตรฐานในการถ่ายโอนไฟล์ เพื่อจัดการกำหนดรายละเอียดของไฟล์นั้นๆ เช่น ชื่อของไฟล์ ขนาดของไฟล์ และลักษณะของไฟล์ โดยมีการกำหนดมาตรฐานของการถ่ายโอนไฟล์ผ่านทางโมเด็ม ดังนี้

1. Xmodem เป็นพิธีการที่ใช้ในการถ่ายโอนไฟล์ ถูกออกแบบและพัฒนาโดย Ward Christensen ในปี ค.ศ. 1977 เพื่อใช้ในการถ่ายโอนไฟล์ระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งในครั้งนั้นใช้ระบบปฏิบัติการ CP/M โดย Xmodem เป็นพิธีการถ่ายโอนไฟล์ที่เรียบง่าย , ไม่ซับซ้อน และมีการตรวจสอบข้อผิดพลาดในระหว่างการถ่ายโอนโดยการใช้ผลรวมตรวจสอบ (checksum) โดยข้อมูลที่จะส่งโดย Xmodem จะแบ่งออกเป็นบล็อก แต่ละบล็อกประกอบด้วยอักขระ Start-of - Header (SOH , ASCII 01H) , หมายเลขบล็อก 1 ไบต์ , คอมพลีเมนต์ของหนึ่งของหมายเลขบล็อก , ข้อมูล 128 ไบต์ และ ผลรวมตรวจสอบ 1 ไบต์ ดังแสดงในตารางที่ 2.9

ออฟเซต	ความหมาย
0	SOH (Start-of-header , ASCII 01H)
1	หมายเลขบล็อก เริ่มจาก 01H แต่จะกลับเป็น 0 หลังจาก FFH
2	คอมพลีเมนต์ของหนึ่งของหมายเลขของบล็อก (255-หมายเลขของบล็อก)
3 - 130	ข้อมูล 128 ไบต์
131	ผลรวมตรวจสอบ เฉพาะข้อมูล

ตารางที่ 2.9 แสดงรูปแบบของบล็อกการถ่ายโอนไฟล์แบบ Xmodem

ลักษณะการทำงานของ Xmodem โดยเมื่อคอมพิวเตอร์ต้นทางจะส่งข้อมูลได้ จะต้องรับอักขระ NAK (negative acknowledgment , ASCII 15H) จากเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทาง ซึ่งโปรแกรมของคอมพิวเตอร์ปลายทางหรือฝ่ายรับ จะส่ง NAK ให้เมื่อเริ่มทำการส่ง จากนั้นคอมพิวเตอร์ต้นทาง หรือฝ่ายส่งจะส่งข้อมูลทีละบล็อก เมื่อผู้รับได้รับและตรวจสอบหมายเลขบล็อก และรายงานข้อผิดพลาดจากผลรวมตรวจสอบ ถ้าหากผลรวมตรวจสอบถูกต้องทางผู้รับจะส่ง ACK (acknowledgment , ASCII 06H) กลับไปเพื่อผู้ส่งจะได้ส่งบล็อกต่อไป แต่หากผู้รับตรวจสอบบล็อกแล้วพบข้อผิดพลาดจะส่ง NAK เพื่อให้ผู้ส่งส่งบล็อกนั้นซ้ำอีกครั้ง และเมื่อสิ้นสุดของการถ่ายโอนไฟล์ ผู้ส่งจะส่ง EOT (End-of-transmission , ASCII 04H) และผู้รับจะส่ง ACK ตอบยืนยันการสิ้นสุดของการถ่ายโอน Xmodem จัดเป็นมาตรฐานในการรับส่งไฟล์ในยุคแรกๆ ก่อนที่จะมีการพัฒนาในรูปแบบอื่น

2. Xmodem-CRC ถูกพัฒนามาจาก Xmodem โดยจะตรวจความถูกต้องของไฟล์ โดยใช้วิธีการตรวจสอบด้วยส่วนซ้ำซ้อน หรือ ซีอาร์ซี (CRC ย่อมาจาก Cyclic Redundancy Check) แทนการใช้ผลรวมตรวจสอบใน Xmodem แบบเดิม ซึ่งผู้รับจะส่งอักขระ C (ASCII 43H) แทน NAK ในการร้องขอให้เริ่มส่ง แต่หากไม่มีการตอบสนองหลังจากส่ง อักขระ C ผู้รับจะเปลี่ยนมาส่ง NAK แทนและถ่ายโอนด้วย Xmodem แทน รูปแบบของบล็อกของ Xmodem-CRC ดังแสดงในตารางที่ 2.10

ออฟเซต	ความหมาย
0	SOH (Start-of-header , ASCII 01H)
1	หมายเลขบล็อก เริ่มจาก 01H แต่จะกลับเป็น 0 หลังจาก FFH
2	คอมพลีเมนต์ของหนึ่งของหมายเลขของบล็อก (255-หมายเลขของบล็อก)
3 - 130	ข้อมูล 128 ไบต์
132	ไบต์บนของ ซีอาร์ซี
133	ไบต์ล่างของ ซีอาร์ซี

ตารางที่ 2.10 แสดงรูปแบบของบล็อกการถ่ายโอนไฟล์แบบ Xmodem-CRC

3. Xmodem-1K เป็น Xmodem-CRC ที่เปลี่ยนการแบ่งส่วนของไฟล์ออกจาก 128 ไบต์ มาเป็น 1024 ไบต์ ซึ่งจะทำให้การรับส่งไฟล์ได้เร็วขึ้น นั่นคือจะตรวจสอบความถูกต้องทุกๆ 1024 ไบต์ ซึ่งจะใช้ได้ดีกับสายโทรศัพท์ที่มีการรบกวนต่ำ

4. Ymodem ถูกออกแบบโดย Chuck Forsberg ที่ Omen Technology ในปี ค.ศ. 1981 ซึ่งพัฒนามาจาก Xmodem โดยเพิ่มคุณสมบัติการถ่ายโอนไฟล์แบบกลุ่ม (batch) ทำให้ส่งไฟล์ได้มากกว่า 1 ไฟล์ในการถ่ายโอนแต่ละครั้ง และคุณสมบัติการถ่ายโอนชื่อไฟล์และข้อมูลของไฟล์ ได้แก่ ขนาด , วันที่และเวลาที่ไฟล์ถูกสร้างขึ้นหรือถูกแก้ไข ซึ่งไฟล์จะถูกแบ่งออกเป็นข้อมูล 1024 ไบต์ในแต่ละบล็อกที่ส่ง และหากมีข้อมูลผิดพลาดจากการถ่ายโอนจะปรับการส่งข้อมูลลงมาเป็น 128 ไบต์ในแต่ละบล็อก

5. Ymodem-G เป็น Ymodem ที่ตัดส่วนของการตอบรับของแต่ละบล็อกที่จะส่งบล็อกต่อไป คือฝ่ายรับจะไม่ส่ง ACK สำหรับบล็อกที่ถูกต้อง ดังนั้นฝ่ายส่งจึงส่งบล็อกต่อไปได้โดยไม่ต้องรอ ACK จากฝ่ายรับ ทำให้ได้ความเร็วในการถ่ายโอนไฟล์มากขึ้น มักใช้ในสายโทรศัพท์ที่มีการรบกวนต่ำมาก

6. Zmodem ถูกออกแบบโดย Chuck Forsberg ที่โอเมนเทคโนโลยี (Omen Technology) ภายใต้สัญญาของ เทเลเนท คอมพิวเตอร์ เน็ทเวิรค์ (Telenet Computer Network) โดยเพิ่มคุณสมบัติที่สำคัญจาก Ymodem คือ ความสามารถในการกู้คืนข้อมูลส่วนย่อยที่ผิดพลาดระหว่างการถ่ายโอนไฟล์ และสามารถถ่ายโอนไฟล์ต่อจากส่วนเดิมที่ผิดพลาด โดยไม่ต้องเริ่มส่งใหม่ทุกครั้งที่ข้อมูลผิดพลาด อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบสถานะและปรับปรุงการทำงานโดยอัตโนมัติ ซึ่งนิยมใช้มากในโมเด็มที่มีความเร็วสูง

7. Kermit เป็นพิธีการ ที่ออกแบบโดย Frank Da Cruz ที่ มหาวิทยาลัยโคลัมเบียสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1981 เพื่อใช้ในการรับส่งไฟล์ตั้งแต่เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล จนถึงเครื่องเมนเฟรม โดยแบ่งส่วนของไฟล์ของเป็นส่วนๆ ละ 94 ไบต์ ทำให้ความเร็วไม่มากเท่าที่ควร แต่สามารถถ่ายโอนไฟล์ได้กับระบบคอมพิวเตอร์ทุกประเภท เนื่องจากมีคุณสมบัติการแปลงข้อมูล 8 บิตเป็น 7 บิต เพื่อสามารถใช้ได้กับระบบคอมพิวเตอร์บางประเภท เช่น เครื่องเมนเฟรม ที่ใช้ข้อมูล 7 บิต รูปแบบของบล็อกของการถ่ายโอนไฟต์แบบ Kermit ดังแสดงในตารางที่ 2.11

ออฟเซต	ค่าที่เก็บ	ความหมาย
0	MARK	กำหนดจุดเริ่มต้นบล็อก ปกติใช้ #A
1	LEN	จำนวนอักขระ ASCII
2	SEQ	หมายเลขลำดับ
3	TYPE	ชนิดของบล็อก
4 ...	DATA	ส่วนข้อมูลของบล็อก
[end]	CHECK	ผลรวมตรวจสอบ

ตารางที่ 2.11 แสดงรูปแบบของบล็อกการถ่ายโอนไฟล์แบบ Kermit

<u>รูปแบบการทดสอบของโมเด็ม</u>

สามารถแบ่งรูปแบบการทดสอบของโมเด็มและการรับส่งข้อมูล ออกเป็น 3 แบบ คือ

1. การทดสอบการทำงานของโมเด็ม

โมเด็มจะทำงานได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ พิธีการที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล, การติดตั้งค่าต่างๆ ให้กับโมเด็ม ผ่านทางชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของโมเด็ม นอกจากนั้นแล้ว การทำงานในส่วนของฮาร์ดแวร์ต้องถูกต้องด้วย ซึ่งการทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์ของโมเด็ม มีดังนี้

1.1 **ทดสอบการหมุนโทรศัพท์** (Telephone Dialer Test) เป็นการตรวจสอบวงจรในส่วนของการต่อโทรศัพท์ของโมเด็ม ว่าสามารถต่อออกไปยังหมายเลขที่ต้องการได้อย่างถูกต้องหรือไม่

1.2 **ทดสอบหน่วยความจำเข้าถึงโดยสุ่ม** (RAM Test) เป็นการตรวจสอบหน่วยความจำเข้าถึงโดยสุ่ม (RAM) ของโมเด็มที่ใช้สำหรับเก็บค่าติดตั้งต่างๆ ว่าถูกต้องหรือไม่

1.3 **ทดสอบการสับเปลี่ยนสายสัญญาณโทรศัพท์** (Telephone Line Relay Test) เป็นการทดสอบการตัดสัญญาณโทรศัพท์ที่ไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ ในระหว่างที่โมเด็มเริ่มทำงาน จนสิ้นสุดการทำงาน แล้วจึงต่อสัญญาณโทรศัพท์กลับคืนไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ตามเดิม

1.4 ทดสอบสายสัญญาณ (Cable Test) เป็นการตรวจสอบสายสัญญาณ ที่ต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็ม ว่าข้อมูลที่รับส่งผ่านสายสัญญาณ ถูกต้องหรือไม่

1.5 ทดสอบการตรวจจับสัญญาณกริ่ง (Ring Detection Test) เป็นการตรวจสอบส่วนของการตรวจจับสัญญาณเสียงกริ่งจากสายสัญญาณโทรศัพท์ ว่าโมเด็มสามารถตรวจจับสัญญาณเสียงกริ่งได้ ถูกต้องหรือไม่

2. การทดสอบแบบวนกลับ (**Loopback Test**)

เนื่องจากข้อมูลที่รับส่งซึ่งผ่านสายโทรศัพท์ จึงจะต้องมีการทดสอบความถูกต้องของข้อมูลในขณะที่ผ่านสายโทรศัพท์ด้วย คือการทดสอบแบบวนกลับ เป็นการจำลองการเชื่อมต่อโมเด็ม เพื่อตรวจสอบว่าการรับส่งข้อมูล เป็นไปอย่างถูกต้องหรือไม่ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ในส่วนของโมเด็มต้นทาง (Local) กับในส่วนของโมเด็มปลายทาง (Remote) ดังนี้

2.1 ทดสอบสัญญาณดิจิทัลแบบวนกลับของต้นทาง (Local Digital Loopback Test) เป็นการทดสอบสัญญาณดิจิทัลที่มาจากคอมพิวเตอร์ว่าถูกต้องหรือไม่

2.2 ทดสอบสัญญาณแอนะล็อกแบบวนกลับของต้นทาง (Local Analog Loopback Test) เป็นการทดสอบสัญญาณแอนะล็อกที่ได้จากการแปลงของโมเด็มต้นทาง ว่าถูกต้องหรือไม่

2.3 ทดสอบสัญญาณแอนะล็อกแบบวนกลับของปลายทาง (Remote Analog Loop-back Test) เป็นการทดสอบว่าสัญญาณแอนะล็อกที่ได้รับมาของโมเด็มปลายทาง ถูกต้องหรือไม่ แต่เนื่องจากโมเด็มส่วนใหญ่ ไม่มีคุณสมบัติที่จะทดสอบคุณสมบัตินี้ ซึ่งต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะ เพื่อทดสอบสัญญาณแอนะล็อกแบบวนกลับของปลายทาง

2.4 ทดสอบสัญญาณดิจิทัลแบบวนกลับของปลายทาง (Remote Digital Loopback Test) เป็นการทดสอบว่าสัญญาณดิจิทัล ที่ได้จากการแปลงกลับจากสัญญาณแอนะล็อก ของโมเด็มปลายทาง ถูกต้องหรือไม่

รูปที่ 2.3 แสดงรูปแบบการทดสอบแบบวนกลับ

3. การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของการรับส่งข้อมูล

การทดสอบหาประสิทธิภาพของการรับส่งข้อมูล ซึ่งหาได้จากตัวแปรหลายรูปแบบ เช่น ค่า BER (Bit Error Rate) หรือ ค่าปริมาณงาน (throughput)

3.1 ค่า BER คือค่าความน่าจะเป็นที่จะพบบิตที่ผิดพลาดในระหว่างการรับส่งข้อมูล เช่น ในการส่งข้อมูลจำนวน 10000 บิต พบว่ามีบิตที่ผิดพลาดจำนวน 10 บิต ดังนั้นค่า BER เท่ากับ 10 หารด้วย 10000 เท่ากับ 0.001

3.2 ค่าปริมาณงาน ได้ถูกนิยามขึ้น ซึ่งหมายถึงปริมาณข้อมูลที่แท้จริง มีหน่วยเป็น บิต หรืออาจใช้เป็นอักขระ โดยไม่ถือเอาข้อมูลควบคุม ที่รับส่งผ่านอุปกรณ์สื่อสาร ในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นวินาที ดังนั้นค่าปริมาณงานจึงมีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps) หรือ อักขระต่อวินาที (cps) แล้วแต่ข้อมูลที่ใช้ ซึ่งค่าปริมาณงาน สามารถคำนวณได้จากสูตรหาค่า TP (throughput)

$$TP = \frac{M(1-P)}{\frac{M}{R}+T}$$

โดย M เท่ากับ จำนวนบิตหรือจำนวนอักขระที่รับหรือส่ง (bit หรือ charecter)

P เท่ากับ โอกาสที่จะพบความผิดพลาด มีค่าเท่ากับ BER

R เท่ากับ อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูล มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps) หรือ อักขระต่อวินาที (cps)

T เท่ากับ เวลาที่ใช้ระหว่างบล็อกของข้อมูลที่รับหรือส่ง มีหน่วยเป็นวินาที

จากสูตรการคำนวณ หากกำหนดให้โอกาสที่จะพบข้อผิดพลาดมีน้อยมาก คือ ค่า BER เข้าใกล้ศูนย์ และเวลาที่ใช้ในการรับหรือส่งข้อมูล คือเวลาที่ใช้ในบล็อก รวมกับเวลาที่ใช้ระหว่างบล็อก ดังนั้น

$$T = Tr - Tb$$

โดย Tr เท่ากับ เวลาที่ใช้ในการรับหรือส่งข้อมูล

Tb เท่ากับ เวลาที่ใช้ในบล็อก

แต่ R มีค่าเท่ากับ $\frac{M}{Tb}$

ดังนั้นพบว่า

$TP = \frac{M}{Tr}$ ในกรณีที่ BER มีค่าใกล้ศูนย์ และ $Tr = Tb + T$

นั่นคือในทางปฏิบัติ หากพบว่า ค่า BER เป็นศูนย์ หรือมีค่าใกล้ศูนย์ สามารถหาค่าปริมาณงานได้จาก ปริมาณข้อมูลที่รับหรือส่งทั้งหมด หารด้วย เวลาที่ใช้ในการรับหรือส่งข้อมูล

การเขียนซอฟต์แวร์โดยใช้วิชอลเบสิกบนวินโดวส์เพื่อติดต่อกับโมเด็ม

การเขียนซอฟต์แวร์โดยใช้วิชอลเบสิก เพื่อสามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ซึ่งผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่าย และใช้สัญลักษณ์ของภาพสื่อความหมายได้ดีกว่าในรูปตัวอักษร

การเขียนซอฟต์แวร์อาศัย MSComm Serial Communications Control ซึ่งเป็นคอนโทรลของซอฟต์แวร์วิชอลเบสิกที่ใช้ติดต่อและจัดการควบคุมกับโมเด็มผ่านทางช่องทางสื่อสารแบบอนุกรม (serial port) และ PDQComm 2.2 for Windows ซึ่งเป็นเครื่องมือ (tools) ใช้สำหรับจัดการถ่ายโอนไฟล์ข้อมูลในรูปแบบต่างๆ

ชุดคำสั่งของ PDQComm 2.2 ที่นำมาใช้ในการจัดการถ่ายโอนไฟล์ข้อมูล ได้แก่

1. **Upload** ซึ่งเป็น Custom Property ใช้สำหรับการบรรจุขึ้นไฟล์ข้อมูล มีรูปแบบการใช้งาน คือ

Syntax : [form.]Comm1.Upload[= filename$]

Data Type : String

Usage : Read/Write at runtime only

ในการใช้งาน Custom Property Upload นั้น จะกำหนด ชื่อของไฟล์ที่จะทำการบรรจุขึ้น โดยจะเริ่มทำการบรรจุขึ้น โดยใช้รูปแบบการถ่ายโอนไฟล์กำหนดไว้ในตัวแปร XferProtocol และการบรรจุขึ้นจะทำงานในฉากหลัง (Background process) ซึ่งตัวแปร XferProtocol จะมีค่าต่างๆ ตามรูปแบบของการถ่ายโอนไฟล์ที่ต้องการ โดยกำหนดได้ ดังนี้

XferProtocol	=	PDQ_XMODEM_CHECKSUM	= 0	สำหรับ Xmodem
XferProtocol	=	PDQ_XMODEM_CRC	= 1	สำหรับ Xmodem-CRC
XferProtocol	=	PDQ_XMODEM_1K	= 2	สำหรับ Xmodem-1K
XferProtocol	=	PDQ_YMODEM_BATCH	= 3	สำหรับ Ymodem
XferProtocol	=	PDQ_YMODEM_G	= 4	สำหรับ Ymodem-G
XferProtocol	=	PDQ_ZMODEM	= 5	สำหรับ Zmodem
XferProtocol	=	PDQ_KERMIT	= 6	สำหรับ Kermit

ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม สำหรับการบรรจุขึ้น ไฟล์ข้อมูลชื่อ SEND1.DAT โดยใช้ Xmodem

```
Comm1.XferProtocol = PDQ_XMODEM_CHECKSUM
Comm1.Upload = "SEND1.DAT"
```

2. **Download** ซึ่งเป็น Custom Property ใช้สำหรับการบรรจุลงไฟล์ข้อมูล มีรูปแบบการใช้งาน คือ

Syntax : [form.]Comm1.Download[= filename$]

Data Type : String

Usage : Read/Write at runtime only

ในการใช้งาน Custom Property Download นั้น จะกำหนดชื่อของไฟล์ที่จะทำการบรรจุลง โดยจะเริ่มทำการบรรจุลง โดยใช้รูปแบบการถ่ายโอนไฟล์กำหนดไว้ในตัวแปร XferProtocol เช่นเดียวกับการบรรจุขึ้น และการบรรจุลงจะทำงานในฉากหลัง ซึ่งตัวแปร XferProtocol จะมีค่าต่างๆ เช่นเดียวกับ Upload

ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม สำหรับการบรรจุลง ไฟล์ข้อมูลชื่อ RECV1.DAT โดยใช้ Kermit

```
Comm1.XferProtocol = PDQ_KERMIT
Comm1.Download = "RECV1.DAT"
```

3. **XferStatus** ซึ่งเป็น Custom Property เพื่อบอกสถานะของการถ่ายโอนไฟล์ข้อมูล โดยมีรูปแบบการใช้งาน คือ

Syntax : [integer% =][form.]Comm1.XferStatus

Data Type : Integer

Usage : Read/Write at runtime only

โดยใช้ เพื่อบอกสถานะของการถ่ายโอนไฟล์ข้อมูลในรูปแบบต่างๆ โดยมีค่าต่างๆ ดังนี้

XferStatus = PDQ_XFER_TERM_ERROR	= -1	เมื่อ	มีการยกเลิกเพราะเกิดข้อผิดพลาด
XferStatus = PDQ_XFER_TERM_OK	= 0	เมื่อ	มีการยกเลิก
XferStatus = PDQ_XFER_WAITING	= 1	เมื่อ	กำลังรอการถ่ายโอน
XferStatus = PDQ_XFER_FILE_READY	= 2	เมื่อ	พร้อมสำหรับการถ่ายโอน
XferStatus = PDQ_XFER_FILE_START	= 3	เมื่อ	เริ่มการถ่ายโอน
XferStatus = PDQ_XFER_XFERING	= 4	เมื่อ	กำลังถ่ายโอน
XferStatus = PDQ_XFER_SKIP	= 5	เมื่อ	ข้ามการถ่ายโอนนี้ออกไป
XferStatus = PDQ_XFER_ABORT	= 6	เมื่อ	ถูกยกเลิกการถ่ายโอน
XferStatus = PDQ_XFER_FINISHED	= 7	เมื่อ	การถ่ายโอนสิ้นสุด
XferStatus = PDQ_XFER_LOSTCARRIER	= 8	เมื่อ	การเชื่อมต่อขาดหาย
XferStatus = PDQ_XFER_TIMEOUT	= 9	เมื่อ	หมดเวลาที่รอการถ่ายโอน

4. **OnComm** ซึ่งเป็น Custom Event เพื่อบอกสถานะของการใช้ช่องทางสื่อสารแบบอนุกรม โดยมีรูปแบบการใช้งาน คือ

Syntax : Subname_OnComm()

โดยใช้ เพื่อบอกสถานะของเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้น ในขณะรับส่งข้อมูลของช่องทางสื่อสารแบบอนุกรม โดยกำหนดได้จากตัวแปร Comm1.CommEvent ซึ่งจะมีค่าต่างๆ ดังนี้

PDQ_ER_BREAK	= 1001	เมื่อเกิดความผิดพลาด จากการสั่ง BREAK
PDQ_ER_CTSTO	= 1002	เมื่อเกิดความผิดพลาด CTS Timeout
PDQ_ER_DSRTO	= 1003	เมื่อเกิดความผิดพลาด DSR Timeout
PDQ_ER_FRAME	= 1004	เมื่อเกิดความผิดพลาด Framing Error
PDQ_ER_INTO	= 1005	เมื่อเกิดความผิดพลาด Input Timeout
PDQ_ER_OVERRUN	= 1006	เมื่อเกิดความผิดพลาด Data Lost
PDQ_ER_CDTO	= 1007	เมื่อเกิดความผิดพลาด CD Timeout
PDQ_ER_RXOVER	= 1008	เมื่อเกิดความผิดพลาด Input buffer overflow
PDQ_ER_RXPARITY	= 1009	เมื่อเกิดความผิดพลาด Parity Error
PDQ_ER_TX_FULL	= 1010	เมื่อเกิดความผิดพลาด Output buffer full
PDQ_EV_SEND	= 1	เมื่อ กำลังส่งข้อมูล
PDQ_EV_RECEIVE	= 2	เมื่อ กำลังรับข้อมูล
PDQ_EV_CTS	= 3	เมื่อ มีการเปลี่ยนค่า Clear to Send
PDQ_EV_DSR	= 4	เมื่อ มีการเปลี่ยนค่า Data Send Ready
PDQ_EV_CD	= 5	เมื่อ มีการเปลี่ยนค่า Carrier Detect
PDQ_EV_RING	= 6	เมื่อ ได้รับสัญญาณเสียงกริ่ง
PDQ_EV_XFER	= 100	เมื่อ กำลังถ่ายโอนไฟล์