บทที่ 2

ฟาสต์แพ็คเก็ตสวิทชิ่ง

เพื่อให้มองเห็นภาพรวมของการวิจัยได้ชัดเจนขึ้นในบทนี้จึงได้กล่าวถึงฟาสต์แพ็คเก็ตสวิทชิ่งในส่วนของความเป็นมาและคุณสมบัติทั่วไปที่ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการสื่อสารข้อมูลผ่านฟาสต์แพ็คเก็ตสวิทชิ่ง

ฟาสต์แพ็คเก็ตสวิทชิ่ง (Fast Packet Switching)

การสื่อสารข้อมูลแบบแพ็คเก็ตสวิทชิ่งได้ถูกค้นพบตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 และถูกนำมาใช้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่นั้นมาจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากคุณสมบัติของระบบที่ตอบสนองต่อการสื่อสารข้อมูล (Data Communication) โดยเฉพาะนั่นเอง

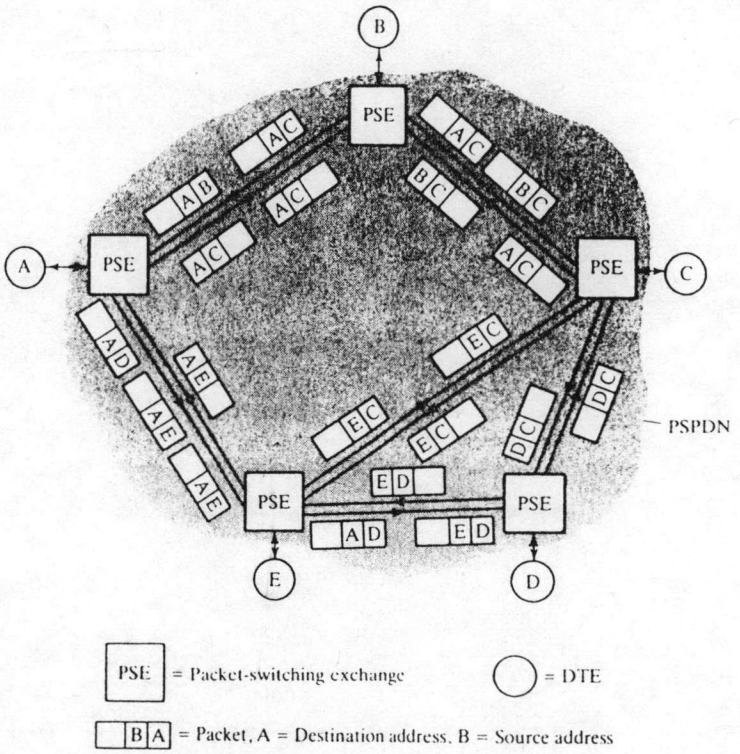
ทั้งนี้โครงข่ายระบบสื่อสารข้อมูลแบบแพ็คเก็ตสวิทชิ่งแห่งแรกถูกสร้างขึ้นโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกามีชื่อว่า อาร์พาเน็ต (ARPANET) หรือ Advanced Research Project Agency Network และถูกใช้งานมาจนกระทั่งถึงปี คศ. 1990 โดยเกิดจากความต้องการที่จะสร้างระบบสื่อสารข้อมูลที่สามารถใช้งานได้ต่อเนื่องตลอดเวลาแม้ว่าจะเกิดความขัดข้องที่จุดใดจุดหนึ่งของระบบทำให้เกิดความมั่นคงต่อการป้องกันประเทศ แพ็คเก็ตสวิทชิ่งเน็ตเวอร์คมีลักษณะดังรูปที่ 2.1

ต่อมาจึงได้มีการนำแนวคิดของระบบดังกล่าวมาปรับปรุงเพื่อใช้ให้บริการแก่เอกชนทั่วไป แต่ทั้งนี้เมื่อผู้ให้บริการระบบสื่อสารของแต่ละองค์กรต่างพัฒนาระบบของตนกันไป เป็นผลให้เกิดความแตกต่างในรายละเอียดของการให้บริการและวิธีการของแต่ละระบบ จึงทำให้ไม่สามารถใช้งานร่วมกันระหว่างระบบหรือขยายระบบออกไปได้ดังนั้นทาง International Telegraph and Telephone Consultation Committee (CCITT) จึงได้กำหนดข้อตกลงมาตรฐานสำหรับระบบสื่อสารข้อมูลแบบแพ็คเก็ตสวิทชิ่งขึ้นในปี 1976 เรียกว่า "Recommendation X.25" เพื่อใช้แก้ปัญหาดังกล่าว จากนั้นมาจึงทำให้ระบบสื่อสารข้อมูลแบบแพ็คเก็ตสวิทชิ่งถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายไปทั่วโลกและเป็นระบบการสื่อสารข้อมูลที่สำคัญต่อโลกมาตลอด 20 ปีที่ผ่านมา

ในยุคที่แพ็คเก็ตสวิทชิ่งและ X.25 เกิดขึ้นนั้นช่องทางสื่อสารของระบบยังใช้เป็นสายลวดนำสัญญาณธรรมดาอยู่ ซึ่งย่อมทำให้มีโอกาสที่จะมีการรบกวนต่อการส่งสัญญาณของระบบ (Noisy

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Channel) สูงและเกิดความผิดพลาดของข้อมูลได้ ดังนั้นใน X.25 จึงได้กำหนดให้มีกระบวนการตรวจหาความผิดพลาด (Error Detection) และแก้ไขความผิดพลาดให้ถูกต้อง (Error Correction Proceed) ไว้ด้วย จนมาถึงยุคของการนำเทคโนโลยีเส้นใยแก้วนำแสงหรือออพติคอลไฟเบอร์ (Optical Fiber) มาใช้เป็นช่องทางการสื่อสารข้อมูลของระบบ เป็นผลให้ระบบมีอัตราความผิด



รูปที่ 2.1 ลักษณะของแพ็คเก็ตสวิทชิ่งเน็ตเวอร์ค

พลาดของข้อมูลจากการส่งผ่านต่ำ (Low error rate) เมื่อเป็นเช่นนี้นักพัฒนาระบบจึงได้ตัดกระบวนการตรวจหาความผิดพลาดและการแก้ไขความผิดพลาดให้ถูกต้องออกไปเพื่อความรวดเร็วในการสวิทช์และการส่งข้อมูลผ่านระบบโดยรวม ดังนั้นนักพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารจึงได้นำแนวความคิดนี้มาสร้างพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารใหม่ เรียกว่า "ฟาสต์แพ็คเก็ต เทคโนโลยี" ซึ่งแบ่งได้เป็น เฟรมรีเลย์ (Frame Relay) และ เซลรีเลย์ (Cell Relay)

2.1 <u>เฟรม รีเลย์ (Frame Relay)</u>

หมายถึง รูปแบบการสื่อสารข้อมูลชนิดหนึ่งของฟาสต์แพ็คเก็ตสวิทชิ่ง ซึ่งมีคุณสมบัติทั่วไป

คือ

- ใช้งานภายใต้มาตรฐานของ CCITT และ ANSI
- มีข้อกำหนดคล้าย X.25 ในการต่อเชื่อมระหว่างผู้ใช้ระบบกับเน็ตเวอร์ค
- ไม่มีการตรวจหาข้อมูลผิดพลาดและการแก้ไขข้อมูลผิดพลาดในการสวิทช์ โดยจะให้เป็นหน้าที่ของผู้ใช้ระบบเอง

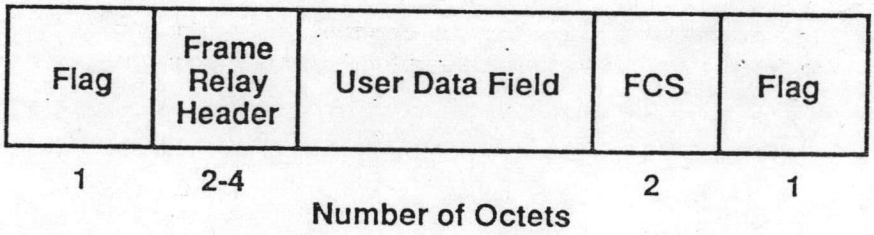
จะเห็นได้ว่าการสื่อสารแบบนี้ ตัวสวิทช์จะทำหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลในเน็ตเวอร์คเพียงอย่างเดียว โดยหากเกิดความผิดพลาดในข้อมูลที่เฟรม (Frame) ใด ก็จะทำการลบข้อมูลทิ้งจากระบบทันทีโดยไม่มีการแก้ไขเหมือนในแพ็คเก็ตสวิทชิ่งปกติ ทำให้สามารถทำความเร็วได้ถึง 1.544 - 2.048 Mbps. และมีการนำมาใช้งานในด้านต่างๆ อาทิ

- Block-interactive data application เช่น high-resolution graphics, videotex, CAD/CAM
- File Transfer
- Multiplex row bit rate

แต่ทั้งนี้ก็ยังต้องมีการพัฒนาต่อไปเพื่อให้สามารถใช้กับงานที่ต้องการความไวต่อดีเลย์ (Delay-sensitive application) เช่น งานที่เกี่ยวกับการส่งผ่านสัญญาณเสียงพูดคุยโต้ตอบกัน

2.1.1 เฟรมรีเลย์โปรโตคอล (Frame Relay Protocol)

CCITT ได้กำหนดโปรโตคอลสำหรับการสื่อสารข้อมูลด้วยเฟรมรีเลย์ ฉบับแรกเมื่อปี 1988[5] เรียกว่า I.122 [2] และพัฒนาเป็น I.233 [2] ในปัจจุบัน ประกอบด้วย ฟิสิคัลเลเยอร์ (Physical layer) และซับเซตของดาต้าลิงค์เลเยอร์ (Datalink layer) โดยกำหนดลักษณะของเฟรมตามรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลักษณะของเฟรมรีเลย์

2.1.1.1 แฟล็ก (Flag) ประกอบด้วยบิต 01111110 ใช้บอกว่าเป็นจุดเริ่มต้นและสิ้นสุด

ของเฟรม

2.1.1.2 แอดเดรส (Address) ประกอบด้วย เวอร์ชวลเซอร์กิตแอดเดรส(Virtual Circuit Address) ที่จะใช้ส่งข้อมูลให้ถึงปลายทาง และบิตที่ใช้ควบคุมการชนกันระหว่างการส่งเฟรม (Congestion Control)

2.1.1.3 อินฟอร์เมชั่น (Information) หมายถึง ข้อมูลที่ต้องการส่ง

2.1.1.4 เฟรมเช็คซีเควนซ์ (Frame Check sequence) เป็นข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบข้อผิดพลาดแบบไซคลิกรีดันแดนซีเช็ค (Cyclic Redundancy Check)

2.2 เซลรีเลย์ (Cell Relay)

หมายถึง รูปแบบการสื่อสารข้อมูลชนิดหนึ่งของฟาสต์แพ็คเก็ตสวิทชิ่ง มีลักษณะคล้ายเฟรมรีเลย์ แตกต่างกันตรงที่ในเซลรีเลย์นั้นขนาดของโปรโตคอลดาต้ายูนิต(Protocol Data Unit) หรือ PDU ซึ่งมักเรียกว่า เซล (Cell) [2] จะมีขนาดคงที่ต่างกับ.ในแบบเฟรมรีเลย์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดได้ตามปริมาณข้อมูลที่บรรจุอยู่ในเฟรม

คุณสมบัติที่สำคัญของ เซลรีเลย์ คือ ความเร็วที่สูงมากของระบบจึงทำให้ถูกนำไปใช้ในการให้บริการบรอดแบนด์ ไอเอสดีเอ็น (Broadband ISDN) ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลต่างๆทางแทรฟฟิคของบริการต่างๆ ที่ใช้บริการบนบรอดแบนด์ ไอเอสดีเอ็น

การที่ใช้ขนาดของโปรโตคอลดาต้ายูนิต (PDU) มีขนาดคงที่แน่นอนนั้นก่อให้เกิดผลดีต่อระบบดังนี้คือ

- ทำให้ทราบจังหวะการทำงานที่แน่นอนของสวิทช์ สามารถหาโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้จำลองการทำงานได้ง่าย ทำให้สามารถทำนายคุณสมบัติต่างๆ อาทิ การดีเลย์และการทำงานของสวิทช์ได้ง่าย

- เมื่อสามารถคำนวนคุณสมบัติที่แน่นอนของสวิทช์ได้ ก็สามารถนำไปสร้างอุปกรณ์ขึ้นใช้งานได้ง่าย เพราะสามารถวิจัยจุดเหมาะสมของปริมาณส่วนประกอบของสวิทช์ เช่น ขนาดและจำนวนของบัฟเฟอร์ในสวิทช์ เป็นต้น รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของเซลรีเลย์สวิทช์แบบหนึ่งซึ่งมีชื่อว่า บันยันสวิทช์[6]

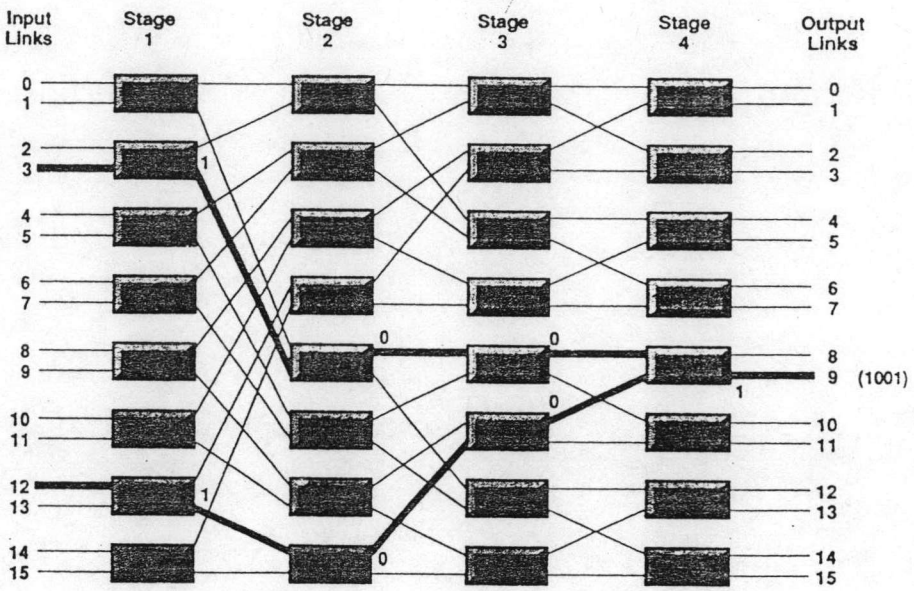
ในปี 1990 CCITTได้กำหนดโปรโตคอลให้แก่เซลรีเลย์โดยให้แต่ละเซลของเซลรีเลย์มีขนาดคงที่เท่ากับ 53 ออคเตต(Octets) ซึ่งประกอบด้วย 5 ออคเตต สำหรับเฮดเดอร์(Header) และ 48 ออคเตต สำหรับข้อมูล

ตาราง 2.1 แทรฟฟิคของบริการต่างๆบนบรอดแบนด์ ไอเอสดีเอ็น

Service type	Service description	Bandwidth requirements	Timing	Burst ratio	Burst length*	Cell loss tolerance	Cell delay tolerance
Voice	PCM voice	64 kbps	CBR	1	n/a	10^{-4}–10^{-6}	10–150 ms
	ADPCM voice	32 kbps	CBR	1	n/a	10^{-4}–10^{-6}	10–150 ms
	Predictive coding	16 kbps	VBR	5–15	2–3 KB	10^{-6}–10^{-8}	10–150 ms
	High-quality voice	192–384 kbps	CBR	1	n/a	10^{-5}–10^{-6}	10–150 ms
	CD-quality voice	1.4 Mbps	CBR	1	n/a	10^{-6}	500 ms–2 s
Data	LAN interconnection	1.5–100 Mbps	VBR	Vary	100–1000 B	10^{-12}	10–100 ms
	Host-host file transfer	64 kbps–1.5 Mbps	VBR	1	12 KB–10 MB	10^{-12}	1–500 s
	PC file transfer	9.6–64 kbps	VBR	1	1 KB–1 MB	10^{-9}	10–100 s
	Client/server system	10–100 Mbps	VBR	1000	1–500 KB	10^{-9}	10–500 ms
	Remote procedure call	6–60 Mbps	VBR	15–20	60–1000 B	10^{-9}	0.1–10 ms
	Electronic mail	9.6 kbps–1.5 Mbps	CBR	1	50–5000 B	10^{-9}	1–10 s
	Transaction processing	64 kbps–5 Mbps	VBR	40	100–300 B	10^{-9}	1–3 s
	Timesharing	2.4–9.6 kbps	VBR	100	20–2000 B	10^{-9}	100 ms–2 s
Video	Video telephony	64 kbps–2 Mbps	CBR/VBR	2–5	2–10 KB	10^{-9}	150–350 ms
	Videoconferencing	128 kbps–14 Mbps	CBR/VBR	2–5	1.6–40 KB	10^{-9}	150–350 ms
	Video/image mail	1–4 Mbps	CBR	1	64 Kb–1 Mb	10^{-10}	1–5 s
	NTSC quality TV	15–44 Mbps	VBR	2–5	0.5–1.3 Mb	10^{-10}	40 ms
	HDTV	150–200 Mbps	VBR	2–5	5–14 Mb	10^{-12}	40 ms
	Group 4 fax (400 × 400)	64 kbps	CBR	1	256–640 Kb	10^{-8}	4–10 s
	Medical x-ray (14" × 17")	1.5–10 Mbps	CBR/VBR	25	5–8 Mb	10^{-12}	2 s
	Medical MRI/CAT scan	10–200 Mbps	CBR/VBR	25	250 Kb–3 Mb	10^{-12}	2 s
	High resolution graphics	100 Mbps–10 Gbps	VBR	25	1–100 Mb	10^{-12}	10–500 ms

*KB = kilobytes; B = bytes; MB = megabytes; Mb = megabits; Kb = kilobits.

SOURCE: DuBose and Kim, 1992.



รูปที่ 2.3 บันยันสวิทช์

2.3 อะซิงโครนัสทรานสเฟอร์โหมด (Asynchronous Transfer Mode) หรือเอทีเอ็ม(ATM)

หมายถึงระบบการสื่อสารข้อมูลแบบเซลรีเลย์ โดยมีขนาดของ PDU คงที่เสมอเท่ากับ 53 ออคเตต ถูกนำมาใช้เพื่อให้บริการ Broadband ISDN เนื่องจากมีความเร็วสูงมากนั่นเอง

2.3.1 ส่วนประกอบของระบบ

อะซิงโครนัสทรานสเฟอร์โหมดมีลักษณะการต่อเข้าเป็นระบบดังรูปที่ 2.4 ประกอบด้วย

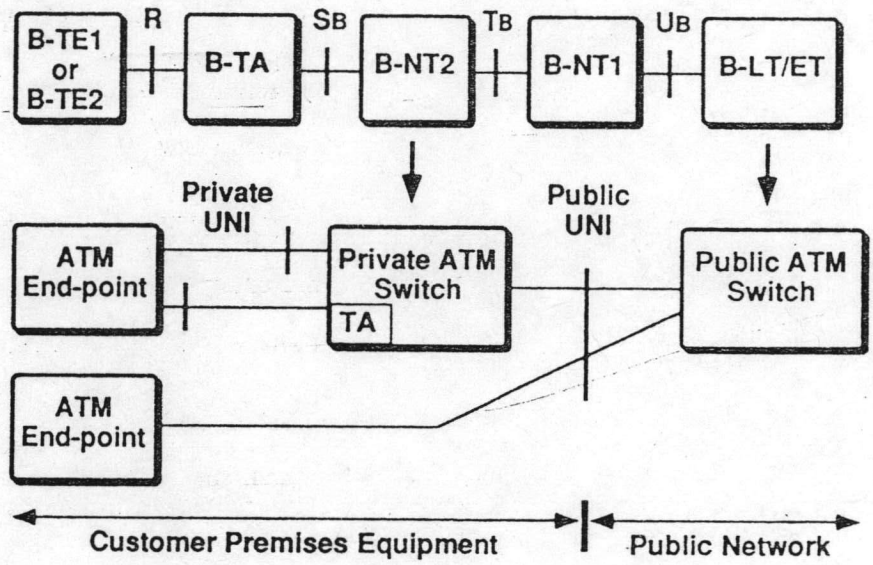
2.3.1.1 Broadband Terminal Equipment (BTE) หมายถึงอุปกรณ์ปลายทางของผู้ใช้

2.3.1.2 Broadband Terninal Adaptor (BTA) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกับ BTE ที่ไม่สามารถต่อเชื่อมใช้งานกับเอทีเอ็มสวิทช์เพื่อให้สามารถใช้งานกับระบบได้

2.3.1.3 Broadband Network Termination type 2 (BNT2) หมายถึง อุปกรณ์เอทีเอ็มสวิทช์เฉพาะภายในองค์กร

2.3.1.4 Broadband Network Termination type 1 (BNT1) หมายถึง อุปกรณ์ต่อเชื่อมระหว่าง BNT2 กับเอทีเอ็มสวิทชิ่งเน็ตเวอร์ค

2.3.1.5 Broadband Exchange Termination (B-LT/ET) หมายถึง อุปกรณ์เอทีเอ็มสวิทช์ภายในเอทีเอ็มสวิทชิ่งเน็ตเวอร์ค



รูปที่ 2.4 การต่อเชื่อมของเอทีเอ็มระหว่างผู้ใช้กับเน็ตเวอร์ค

2.3.2 ลักษณะของโปรโตคอล (Protocol Architecture)

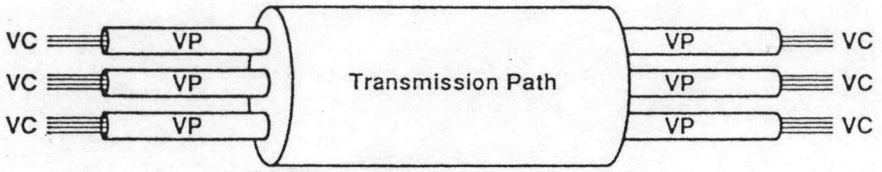
ในการสื่อสารผ่านเอทีเอ็มสวิทชิ่งเน็ตเวอร์คโดยผู้ใช้(ATM User) นั้นจะเกิดเวอร์ชวลเซอร์กิต(Virtual circuit) ต่อระหว่างผู้ใช้ทั้ง 2 ตัวเสมือนว่าต่อกันอยู่เฉพาะผู้ใช้ทั้ง 2 ตัวเท่านั้น เมื่อมาพิจารณาถึงลอจิคอลคอนเนคชั่น(Logical Connection) แล้วจะแบ่งการต่อเชื่อมระหว่างผู้ใช้ 2 ตัว ได้เป็น

- เวอร์ชวลแชนเนล(Virtual Channel) หมายถึง การต่อเชื่อมเพื่อส่งผ่านเซลในจุด 2 จุดใดๆในเน็ตเวอร์ค มีลักษณะดังรูปที่ 2.5

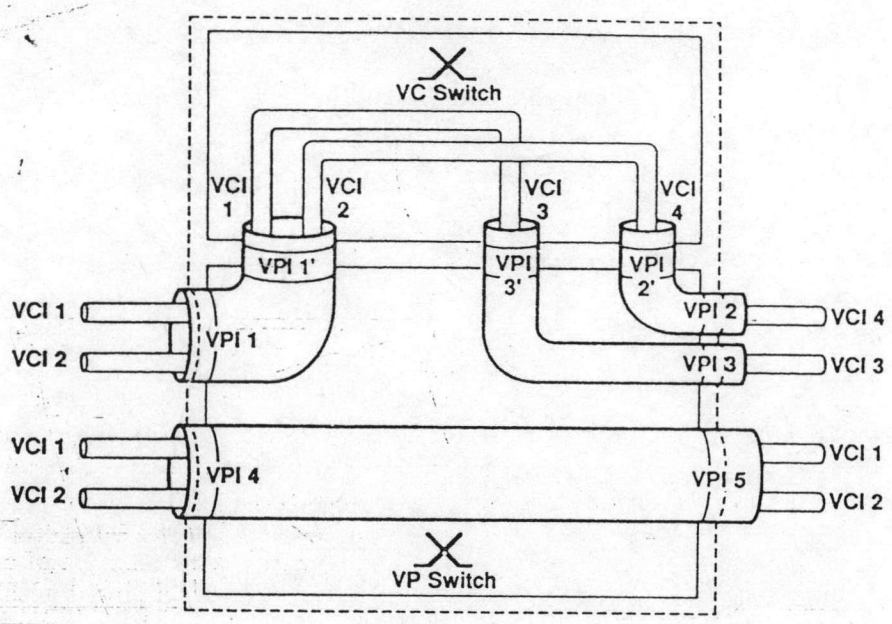
- เวอร์ชวลพาร์ท(Virtual Path) หมายถึง กลุ่มของเวอร์ชวลแชนเนลที่มีปลายทางที่เดียวกันและถูกมัลติเพล็กซ์ให้เดินทางผ่านเส้นทางเดียวกันซึ่งเรียกเส้นทางนั้นว่าเวอร์ชวลพาร์ท

ดังนั้นในเซลทุกๆตัวจะมีส่วนที่เก็บค่าของเวอร์ชวลแชนเนลและเวอร์ชวลพาร์ทซึ่งเรียกว่าเวอร์ชวลแชนเนลไอเดนติไฟเออร์(Virtual Channel Identifier) หรือ VCI และเวอร์ชวลพาร์ทไอ-

เคนติไฟเออร์(Virtual Path Identifier) หรือ VPI โดยในการส่งผ่านเซลจะใช้ข้อมูลจาก VCI และ VPI ในการส่งข้อมูลไปยังจุดหมายดังรูปที่ 2.6

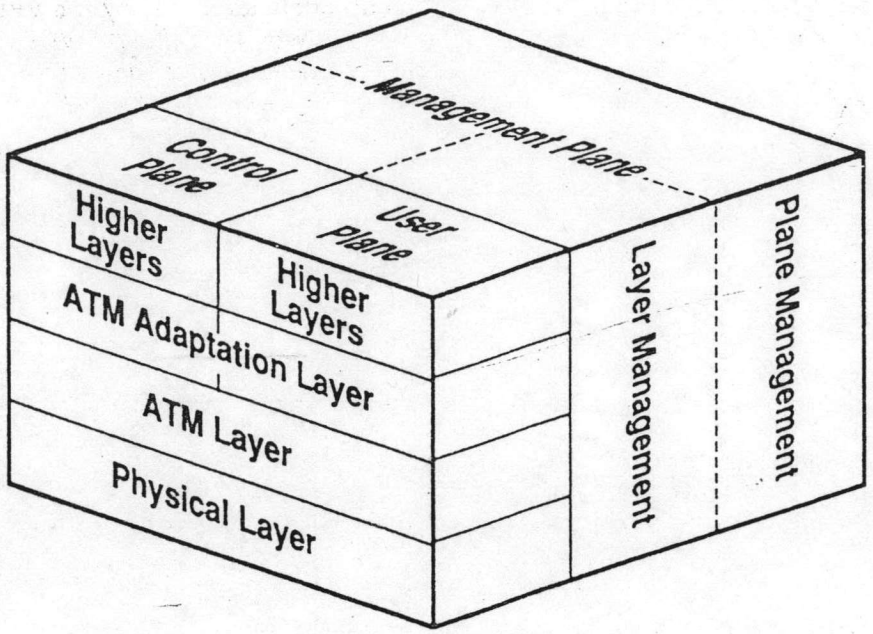


รูปที่ 2.5 เวอร์ชวลแชนเนล,เวอร์ชวลพาร์ท



รูปที่ 2.6 การสวิทช์ของเวอร์ชวลแชนเนลและเวอร์ชวลพาร์ท

มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลผ่านเอทีเอ็มสวิทช์เน็ตเวอร์คถูกกำหนดมาตรฐานโดย CCITT เรียกว่า I.321[2] ประกอบด้วย 3 เลเยอร์ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แบบจำลองโปรโตคอลเลเยอร์ของเอทีเอ็มสวิทช์เน็ตเวอร์ค

แต่ละเลเยอร์มีหน้าที่ดังที่สรุปไว้ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 หน้าที่ของโปรโตคอลในเลเยอร์ต่างๆของเอทีเอ็มสวิทชิ่งเน็ตเวอร์ค

Layer	Sublayer	Function
ATM Adaptation Layer	Convergence Sublayer	Convergence
	Segmentation & Reassembly	Segmentation and reassembly
ATM Layer		Generic flow control
		Cell header generation
		Cell VPI/VCI translation
		Cell multiplexing
Physical Layer	Transmission Convergence	OAM functions
		Cell rate decoupling
		Header error check generation
		Cell delineation
		Transmission frame adaptation
		Transmission frame generation
	Physical Medium	Bit timing
		Physical medium

SOURCE: Adapted from CCITT Recommendation I.321.

2.3.2.1 ฟิสิคัลเลเยอร์ (Physical Layer)

ฟิสิคัลเลเยอร์โปรโตคอล(Physical Layer Protocol) ของเอทีเอ็มสวิทชิ่งเน็ตเวอร์คถูกใช้เป็นโปรโตคอลสำหรับ B-ISDN โดย CCITT ได้กำหนด Recommendation I.432 [2] เพื่อกำหนดโปรโตคอลของฟิสิคัลเลเยอร์ ในฟิสิคัลเลเยอร์ของ B-ISDN จะใช้ระบบการส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโครนัสดิจิตอลเฮียราชี(Synchronous Digital Hierarchy) หรือ SDH ตาม Recommendation G.707-G.709[2] ที่ความเร็ว 155.52 Mbps. ผ่านช่องสัญญาณโคแอกเชียลเคเบิลหรือออพติคอลไฟเบอร์

2.3.2.1.1 สาระสำคัญของฟิสิคัลเลเยอร์โปรโตคอล

- ฟิสิคัลมีเดียม(Physical Medium) จะกล่าวถึงพื้นฐานของช่องสัญญาณข้อมูลและลักษณะสัญญานทางไฟฟ้าของข้อมูล

- Bit Timing หมายถึง การควบคุมการซิงโครไนซ์ของผู้ส่งและผู้รับด้วยการส่งสัญญาณเริ่มต้นรูปแบบเฉพาะแบบหนึ่ง

- Transmission Frame Generation and Recovery หมายถึง การบรรจุข้อมูลเป็นเฟรมของ SDH ก่อนที่จะส่งไปในช่องสัญญาณและแปลสัญญาณไฟฟ้ากลับมาเป็นเฟรมข้อมูล

- Transmission Frame Adaptation หมายถึง การใส่เซลเอทีเอ็มเข้าสู่เฟรมข้อมูล

- Cell Delineation หมายถึง การดึงเซลเอทีเอ็มออกมาจากเฟรมข้อมูล

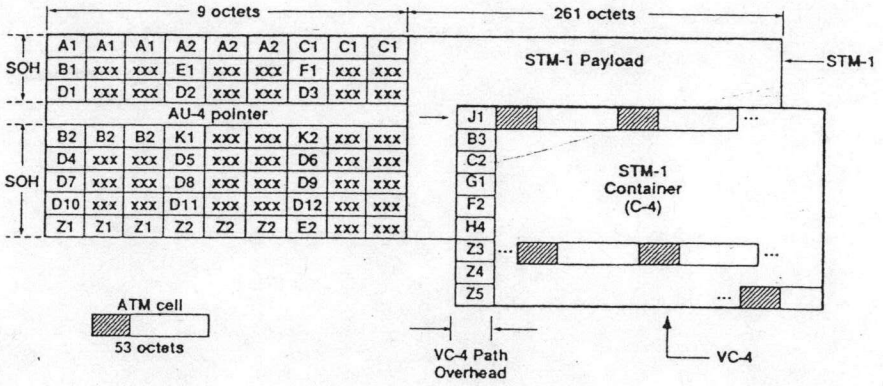
- Header Error Control (HEC) Sequence Generation and Cell Header Verification หมายถึง การสร้าง HEC ให้เซลและตรวจหาความผิดพลาดในเซลที่ได้รับ

- Cell Rate Decoupling หมายถึง การควบคุมอัตราการส่งเซลให้เหมาะสมกับอัตราการส่งเฟรมข้อมูล

- Operations , Administration and Maintenance Function หมายถึง กระบวนการควบคุมตรวจสอบการทำงานของระบบให้ดำเนินไปตามปกติ รวมไปถึงการตรวจหาและรายงานข้อผิดพลาดในระบบ

2.3.2.1.2 ทรานสมิชชั่นฟอร์แมต(Transmission Format)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการส่งผ่านเซลในฟิสิคัลเลเยอร์ของเอทีเอ็มจะใช้ SDH เป็นระบบพื้นฐาน โดยจะส่งข้อมูลเป็น Synchronous Transmission Module (STM) ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.8 เรียกว่า STM-1



รูปที่ 2.8 รูปแบบเฟรมข้อมูลของ STM-1

จะประกอบด้วยแถวข้อมูลจำนวน 9 แถว แต่ละแถวจะประกอบด้วย Section overhead (SOH) ขนาด 9 ออคเตต ที่เหลืออีก 261 ออคเตต เป็นส่วนของ STM-Payload ซึ่งในทุกออคเตตแรกใน STM-Payload จะเป็น VC-4 Path overhead ส่วนที่เหลืออีก 260 ออคเตต ในแต่ละแถวจะเป็นส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลดิบที่ส่งมาจากเลเยอร์บน ซึ่งในที่นี้ก็คือเซลที่ส่งมาจากเอทีเอ็มเลเยอร์(ATM Layer) นั่นเอง เราเรียกส่วนที่เก็บข้อมูลดิบนี้ว่า STM-1 Container สำหรับหน้าที่ของแต่ละออคเตตใน SOH นั้น จะไม่กล่าวถึงในเอกสารฉบับนี้ ผู้อ่านสามารถหารายละเอียดในเอกสารอ้างอิง [2]

2.3.2.2 <u>เอทีเอ็มเลเยอร์(ATM Layer Protocol)</u>

มีหน้าที่โดยทั่วไปคือการจัดการในการเติมเฮดเดอร์จำนวน 5 ออคเตตแก่ข้อมูลจากเลเยอร์ที่สูงกว่าจำนวน 48 ออคเตต เพื่อให้เกิดเป็นเซลขนาด 53 ออคเตต ส่งให้ฟิสิคัลเลเยอร์หรือคัดเฮดเดอร์ออกจากเซลที่ได้รับมาเพื่อให้เหลือข้อมูลจริงส่งขึ้นสู่เลเยอร์บนต่อไป เอทีเอ็มเลเยอร์โปรโตคอลถูกกำหนดโดย CCITT เป็น Recommendation I.361 [2]

2.3.2.2.1 <u>หน้าที่ของเอทีเอ็มเลเยอร์</u>

- Cell Multiplexing and Demultiplexing หมายถึง กระบวนการคัดแยกเซลที่เข้ามาและจัดส่งไปตามเวอร์ชวลพาร์ทและเวอร์ชวลแชนเนลที่ถูกต้อง

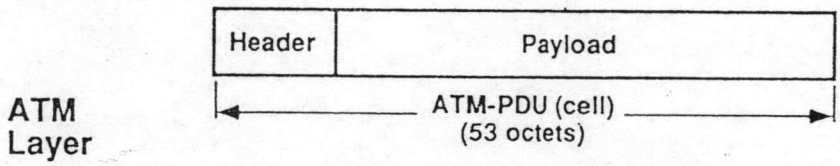
- VPI and VCI Translation หมายถึง การตรวจสอบข้อมูล VPI และ VCI ในเฮดเดอร์ของเซลเดิมเพื่อให้ส่งต่อไปยังโหนด (node) ต่อๆ ไปได้

- Cell Header Generation/Extraction หมายถึง กระบวนการนำเฮดเดอร์มาต่อเข้ากับข้อมูลจากเลเยอร์ที่สูงกว่าเพื่อให้เป็นเซลสำหรับส่งต่อไป หรือกระบวนการตัดเฮดเดอร์ออกจากเซลเพื่อส่งข้อมูลขึ้นสู่เลเยอร์บนต่อไป

- Generic Flow Control หมายถึง กระบวนการควบคุมการไหลของเซล

2.3.2.2.2 รูปแบบของเซล (ATM Layer Cells)

ประกอบด้วยเฮดเดอร์จำนวน 5 ออคเตต และข้อมูลจำนวน 48 ออคเตต ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 รูปแบบของเซล

ในเอทีเอ็มสวิทช์เน็ตเวอร์คจะมีการต่อเชื่อมกันระหว่างผู้ใช้กับเน็ตเวอร์คและระหว่างเน็ตเวอร์คกับโหนดซึ่งเรียกว่า User-Network Interface (UNI) และ Network-Node Interface (NNI) ตามลำดับ เซลที่ส่งระหว่างการต่อเชื่อมทั้ง 2 แบบ จะมีความแตกต่างกันเล็กน้อยตรงเฮดเดอร์ ดังรูปที่ 2.10

ประกอบด้วย

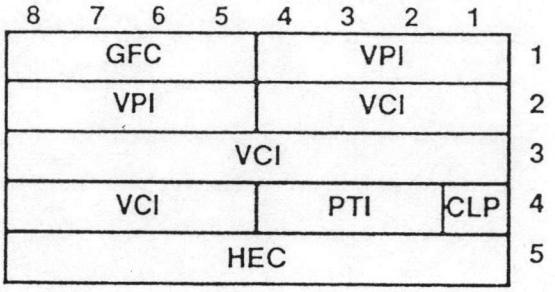
- Generic flow control (GFC) ใช้ควบคุมการไหลของเซล

- VPI and VCI field ใช้บอกตัวควบคุมการไหลของเซลว่าเซลนั้นๆต้องเดินทางไปในเส้นทางใดจึงจะถึงจุดหมาย

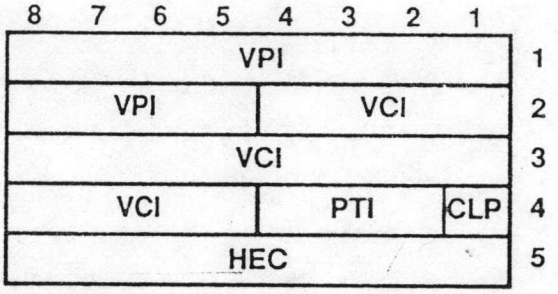
- Payload Type Identifier (PTI) ใช้บอกชนิดของข้อมูลภายในเซลว่าเป็นข้อมูลประเภทใด เช่น เป็นข้อมูลของผู้ใช้หรือข้อมูลที่ใช้ในการจัดการในเอทีเอ็มเลเยอร์

- Cell Loss Priority (CLP) ใช้บอกความสำคัญของข้อมูลในเซลว่ามี priority มากเท่าใด หากเกิดความจำเป็นต้องเลือกทิ้งเซลตัวใดๆแล้วเซลตัวที่มี priority ต่ำกว่าจะถูกตัดทิ้งก่อนเพื่อให้เซลที่สำคัญกว่าผ่านไปได้ เช่น Synchronization Information ซึ่งสำคัญกว่า User Data

a) UNI



b) NNI



CLP	Cell Loss Priority	PTI	Payload Type Identifier
GFC	Generic Flow Control	VCI	Virtual Channel ID
HEC	Header Error Control	VPI	Virtual Path ID

รูปที่ 2.10 รูปแบบของเฮดเดอร์ของเอทีเอ็มเซล

- Header error Control (HEC) เป็น Cyclic redundancy check สำหรับ 4 ออคเตต แรกของเฮดเดอร์

2.3.2.3 <u>เอทีเอ็มอะแดปเตชั่นเลเยอร์(ATM Adaptaion Layer)</u>

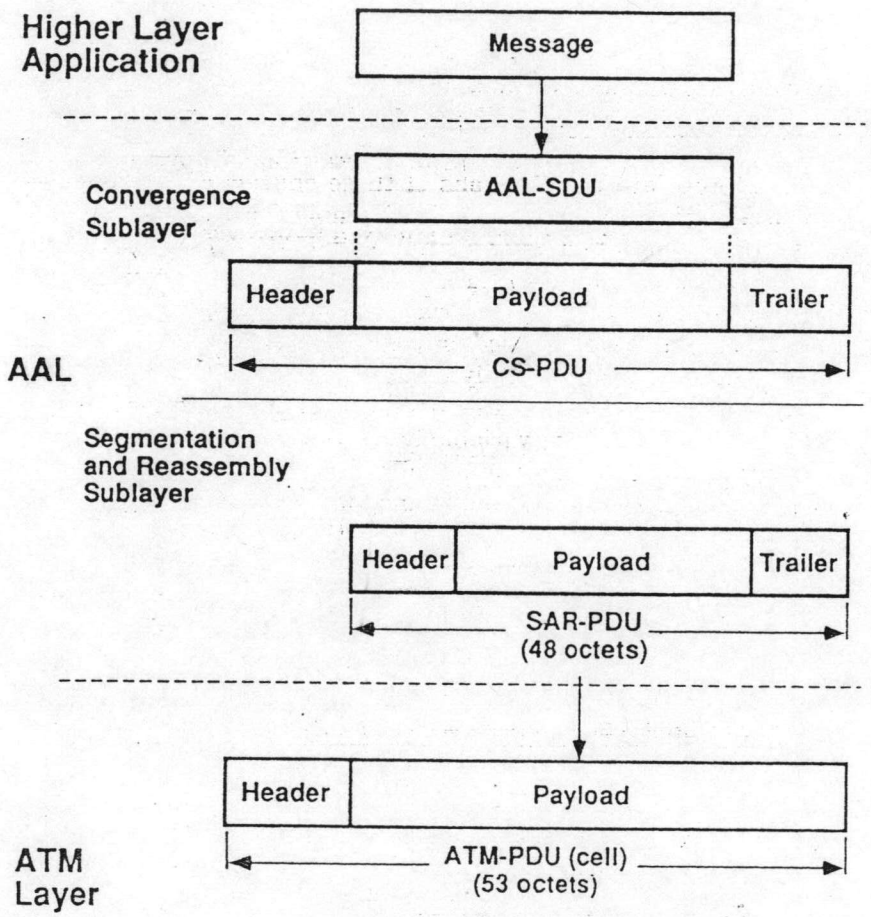
เอทีเอ็มอะแดปเตชั่นเลเยอร์หรือ AAL จะเป็นตัวประสานงานระหว่างเอทีเอ็มเลเยอร์กับเลเยอร์ระดับสูงขึ้นไปที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เป็นเลเยอร์ที่สร้างข้อมูลขนาด 48 ออคเตต ส่งไปให้เอทีเอ็มเลเยอร์โดยใช้ CCITT Recommendation I.362 และ I.363 [2]

2.3.2.3.1 <u>หน้าที่ของเอทีเอ็มอะแดปเตชั่นเลเยอร์</u>

- Segmentation and Reassembly (SAR) หมายถึง การตัดข้อมูลจากเลเยอร์ที่สูงกว่าแบ่งเป็นชุด ชุดละ 48 ออคเตต ส่งไปให้เอทีเอ็มเลเยอร์หรือ ประกอบข้อมูลจำนวนชุดละ 48 ออคเตตที่ได้รับให้เป็นข้อมูลสมบูรณ์ส่งขึ้นไปให้เลเยอร์ที่สูงกว่า

- Convergence sublayer (CS) เป็น sublayer ที่ให้บริการแก่เลเยอร์บน

การทำงานของ AAL มีลักษณะดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การทำงานของ AAL

2.3.2.3.2 <u>โปรโตคอลของ AAL</u>

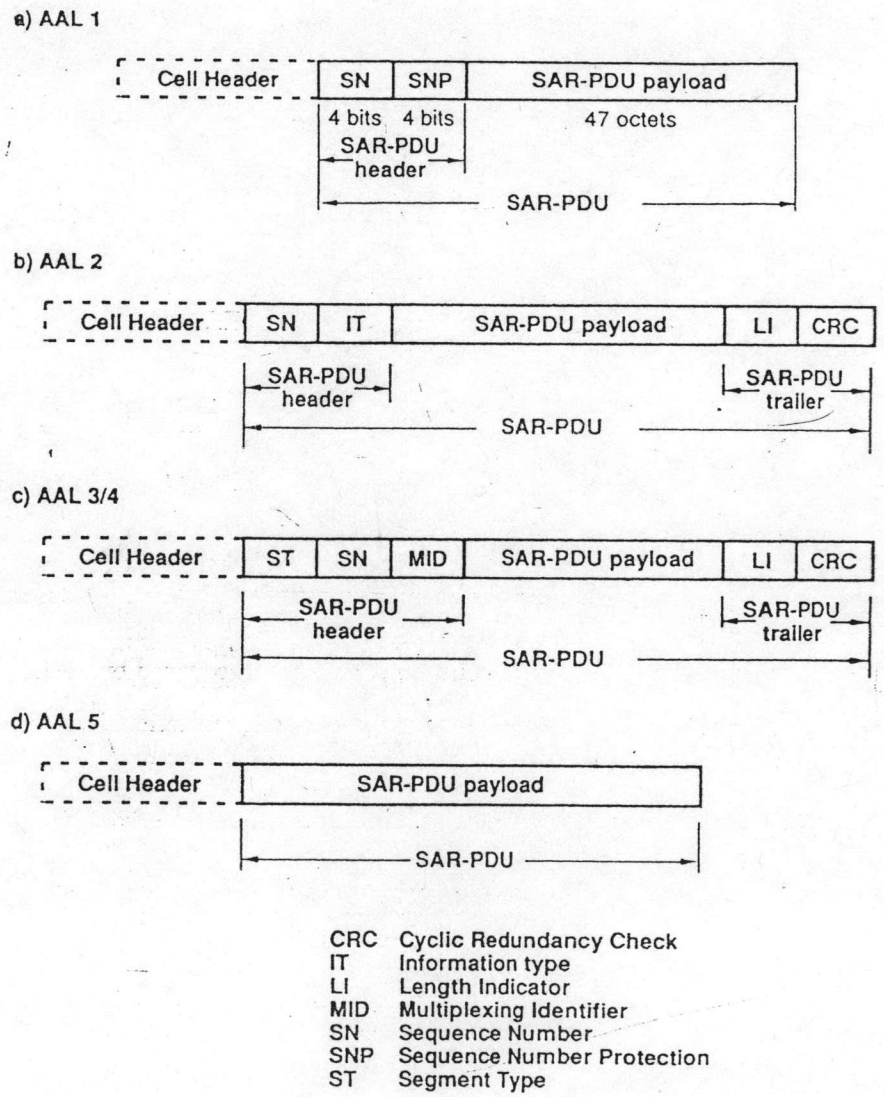
เราสามารถแบ่งการให้บริการของ AAL เป็น 5 แบบ ดังตารางที่ 2.3 และรูปแบบของเซลของแต่ละแบบมีลักษณะดังรูปที่ 2.12

ตารางที่ 2.3 การให้บริการของ AAL

AAL Service Classifications and Protocol Types

	Class A	Class B	Class C	Class D
Timing relationship	Required		Not required	
Bit rate	Constant	Variable		
Connection mode	Connection-oriented			Connectionless
AAL type	1	2	3/4, 5	4

SOURCE: Adapted from CCITT Recommendation I.362.



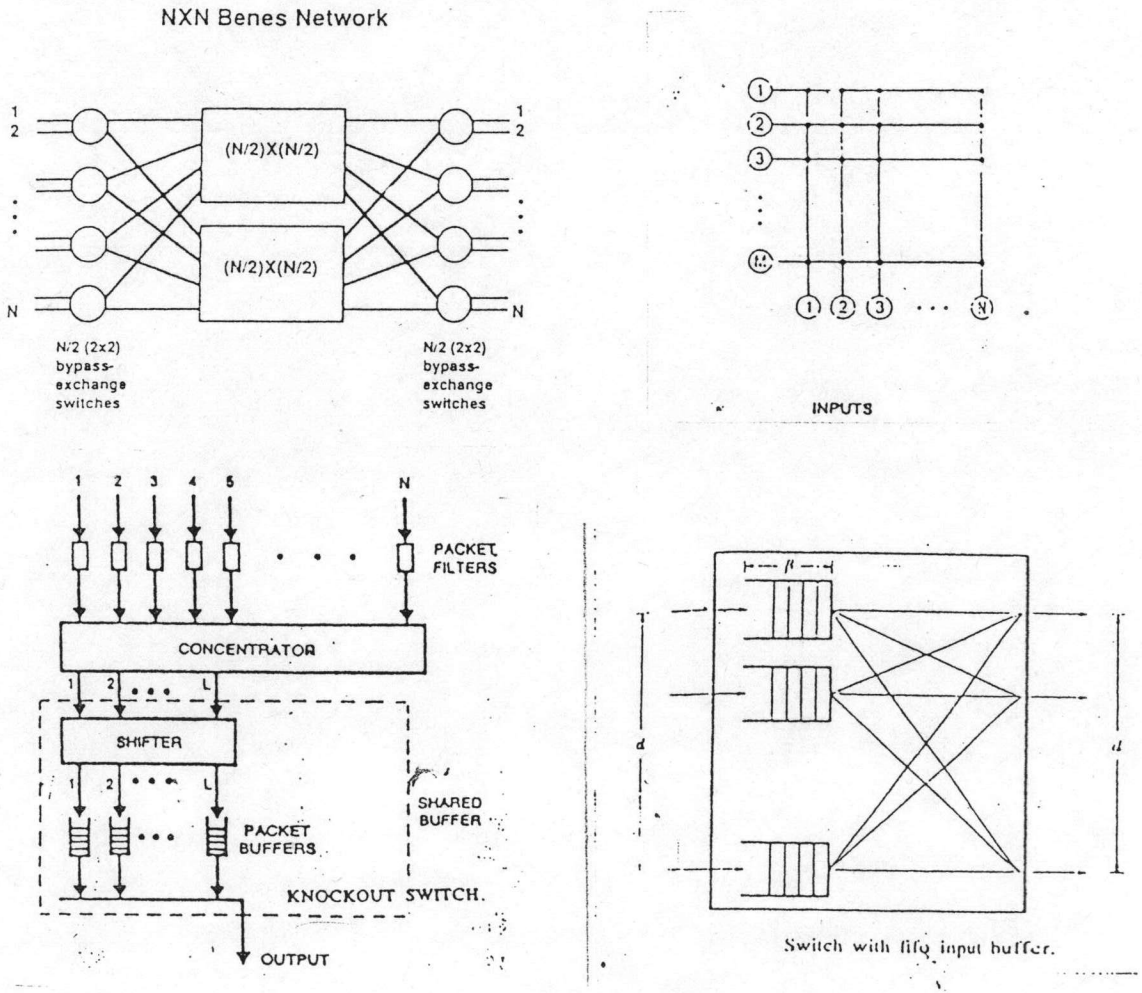
รูปที่ 2.12 รูปแบบของเซล

สิ่งที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการสื่อสารข้อมูลบนเอทีเอ็มสวิทช์เน็ตเวอร์ค ก็คือ คุณสมบัติของเอทีเอ็มสวิทช์ที่ประกอบกันขึ้นเป็นเอทีเอ็มสวิทช์เน็ตเวอร์ค ดังนั้นจึงมีผู้ศึกษาค้นคว้าเพื่อค้นหาสวิทช์ที่มีประสิทธิภาพสูงเหมาะสมกับการใช้งานในภาวะต่างๆกัน อาทิ Banyan Network [6] , Knockout switch [9] , SCOQ [1] , Crossbar switch [7] ฯลฯ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะวิเคราะห์การสวิทช์ของเอทีเอ็มสวิทช์เน็ตเวอร์ค ซึ่งเป็นแบบหนึ่งของฟาสต์แพ็คเก็ตสวิทช์

2.4 เอทีเอ็มสวิทช์ (ATM Switch)

จากรูปที่ 2.13 ซึ่งแสดงตัวอย่างของสวิทช์ที่มีผู้คิดค้นและวิเคราะห์คุณสมบัติเพื่อนำไปใช้กับเอทีเอ็มเน็ตเวอร์ค



รูปที่ 2.13 สวิทช์แบบต่างๆ

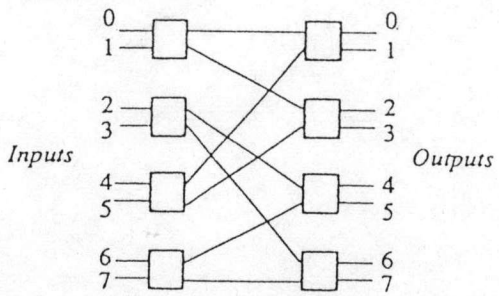
จะเห็นได้ว่ามีทั้งสวิทช์ที่เป็นตัวเดียวโดดๆหรือเกิดจากการต่อร่วมกันหลายตัว เราเรียกสวิทช์ที่เกิดจากการนำเอาสวิทช์อีลิเมนต์ (Switch Element) หลายๆตัวมาต่อกันนี้ว่า "Space-Division Switch [3]" การวิเคราะห์หาคุณสมบัติของ Space-Division Switch ต้องพิจารณาปัจจัย 2 อย่าง คือ

- Network Connectivity[3]
- สวิทช์อีลิเมนต์

2.4.1 Network Connectivity

หมายถึง ลักษณะการต่อเชื่อมกันระหว่างสวิทช์อิลิเมนต์ที่นำมาต่อกันขึ้นเป็นสวิทชิ่งเน็ตเวอร์ค คำว่า "เน็ตเวอร์ค" ในที่นี้หมายถึงโครงข่ายของสวิทช์อีลิเมนต์หลายๆตัวที่ต่อกันอยู่เพื่อทำหน้าที่เป็นสวิทช์ตัวหนึ่งหรือโหนดหนึ่งในเอทีเอ็มสวิทช์เน็ตเวอร์ค แบ่งเป็น

2.4.1.1 Partiallly Connected Networks หมายถึง สวิทชิ่งเน็ตเวอร์คที่ด้านอินพุทสามารถต่อเชื่อมกับเอาท์พุทได้ไม่ทั้งหมด รูปที่ 2.14 แสดง Partially Connected Network



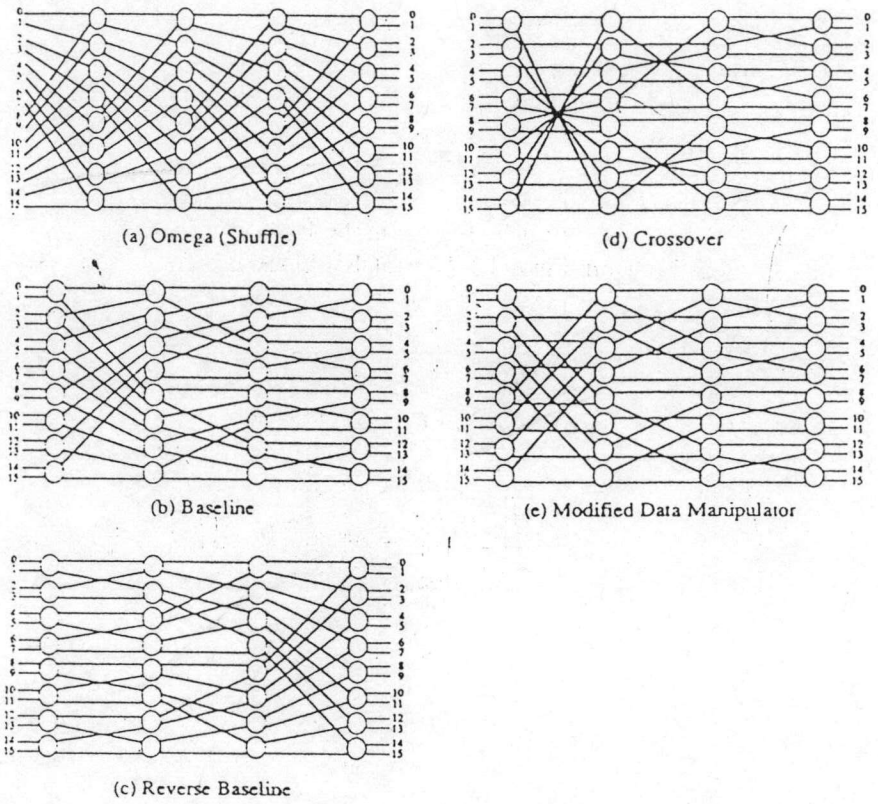
รูปที่ 2.14 Partially Connected Network

2.4.1.2 Fully Connected Network หมายถึง สวิทชิ่งเน็ตเวอร์คที่ด้านอินพุทสามารถต่อเชื่อมกับเอาท์พุทได้ทุกตัว ทั้งนี้สามารถต่อได้หลายๆแบบ ดังรูปที่ 2.15

2.4.2 สวิทช์อีลิเมนต์ (SE)

หมายถึง หน่วยสวิทช์ย่อยที่สุดของสวิทชิ่งเน็ตเวอร์คซึ่งจะถูกนำมาต่อกันขึ้นเป็นสวิทชิ่งเน็ตเวอร์ครูปแบบต่างๆ ตัวอย่างของ SE ได้แก่ Crossbar SE[7] ,Crossbar with FIFO[4], Crossbar with shared buffer[4] ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.16

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



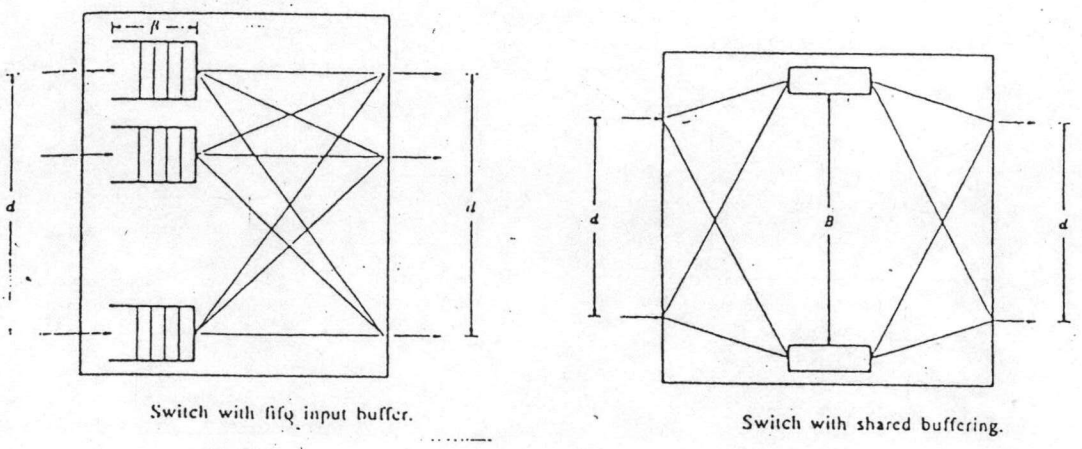
รูปที่ 2.15 Fully Connected Network

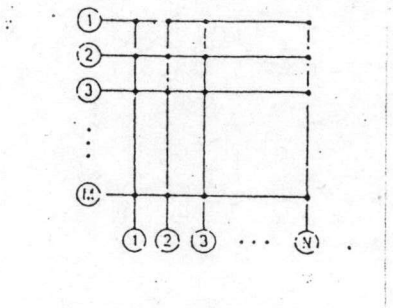
2.5 คุณสมบัติของสวิทชิ่งเน็ตเวอร์ค

ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของสวิทชิ่งเน็ตเวอร์คแบบใดๆ สิ่งที่สามารถใช้ชี้สมรรถนะของระบบ ได้แก่

2.5.1 Throughput

หมายถึงคุณสมบัติที่ใช้บอกว่าสวิทชิ่งเน็ตเวอร์คสามารถสวิทช์ข้อมูลที่ได้รับผ่านออกมาทางเอาท์พุทได้มากน้อยเพียงใด หรือความหมายทางคณิตศาสตร์ก็คือความน่าจะเป็นที่จะมีแพ็คเก็ตออกมาจากเอาท์พุทหนึ่งในช่วงเวลา 1 สล็อต (slot) หรือจำนวนแพ็คเก็ตเฉลี่ยที่สามารถออกจากเอาท์พุทหนึ่งในช่วงเลา 1 สล็อต เมื่อโอกาสที่จะมีแพ็คเก็ตเข้าสู่อินพุททุกตัวเป็น 1.00





รูปที่ 2.16 สวิทช์อีลิเมนต์แบบต่างๆ

2.5.2 Delay Time

หมายถึง ช่วงเวลาเฉลี่ยที่แพ็คเก็ตใช้ไปในการเดินทางผ่านสวิทชิ่งเน็ตเวอร์คดังนั้นจึงสามารถหา Delay time ของ Multistage Interconnection Network [3] ได้โดยการรวม Delay Time จากสวิทช์อิลิเมนต์ในแต่ละสเตจ(stage)

2.5.3 Loss Probability

ในการสื่อสารผ่านฟาสต์แพ็คเก็ตสวิทชิ่งเน็ตเวอร์คนั้น ต้องการลดกระบวนการต่างๆ ในการส่งเพื่อความเร็วในการส่งตามวัตถุประสงค์ในการออกแบบ ดังนั้นจึงมีการตัดกระบวนการแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาดออกไปโดยให้เป็นหน้าที่ของเลเยอร์ที่สูงกว่า ทั้งนี้หากเกิดความผิดพลาดหรือการล้น(Over Flow) ขึ้นแล้วแพ็คเก็ตนั้นจะถูกตัดออกจากระบบทันที ทำให้แพ็คเก็ตมีโอกาสสูญหายได้ ดังนั้น loss probability จะเป็นคุณสมบัติที่ใช้บอกความน่าเชื่อถือของระบบอีกตัวหนึ่ง หมายถึงความน่าจะเป็นที่แพ็คเก็ตตัวหนึ่งจะไม่สามารถผ่านออกไปยังเอาท์พุทได้

2.5.4 Simplicity

หมายถึง ความง่ายของระบบในด้านการวิเคราะห์ การสร้างและการซ่อมบำรุง

2.5.5 Modularity

หมายถึง ความเป็นอิสระต่อกันของส่วนประกอบของสวิทชิ่งเน็ตเวอร์ค กล่าวคือสามารถเข้าจัดการกับส่วนใดๆของระบบโดยไม่ทำให้ทั้งระบบต้องกระทบกระเทือนได้ ไม่ว่าจะเป็นการขยายขนาด การลดขนาดหรือการซ่อมบำรุงก็ตาม

2.6 สภาวะของข้อมูล (Traffic)

ในการใช้งานสวิทช์ในความเป็นจริงนั้นจะพบว่าสภาวะข้อมูลของอินพุทแพ็คเก็ตจะไม่เหมือนกันตลอดเวลา ย่อมจะต้องเปลี่ยนแปลงไปตามภาวะการใช้งานของผู้ใช้ ดังนั้นสวิทช์แบบหนึ่งอาจจะใช้งานได้ดีในสภาวะข้อมูลแบบหนึ่ง แต่อาจจะไม่ดีเท่าที่ควรหรือมีสวิทช์แบบอื่นที่ดีกว่าเมื่อใช้งานกับสภาวะข้อมูลอีกแบบหนึ่งก็เป็นได้ ดังนั้นในการวิเคราะห์คุณสมบัติของสวิทช์แต่ละแบบนั้นจึงจำเป็นจะต้องวิเคราะห์ที่สภาวะข้อมูลหลายๆแบบด้วยเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกแบบสวิทช์ใช้ให้เหมาะสม สภาวะของข้อมูลแบ่งได้เป็น

2.6.1 ยูนิฟอร์มแทรฟฟิค(Uniform Traffic)

หมายถึง สภาวะที่แพ็คเก็ตข้อมูลจากทุกอินพุทมีโอกาสที่จะมีเอาท์พุทแอดเดรส(Output Address) ต่างๆเท่ากันทุกแอดเดรส

2.6.2 นอนยูนิฟอร์มแทรฟฟิค(Nonuniform Traffic)

หมายถึง สภาวะที่แพ็คเก็ตข้อมูลจากทุกอินพุทมีโอกาสที่จะมีเอาท์พุทแอดเดรส(Output Address) ต่างๆไม่เท่ากันทุกแอดเดรส ตัวอย่างของนอนยูนิฟอร์มแทรฟฟิคที่มักเกิดขึ้นได้แก่

2.6.2.1 Hot-spot Traffic [1]

หมายถึง สภาวะที่แพ็คเก็ตข้อมูลจากทุกอินพุทมีโอกาสที่จะมีเอาท์พุทแอดเดรสใดแอดเดรสหนึ่งมากกว่าแอดเดรสอื่นๆที่เหลือ

2.6.2.2 Point to Point Traffic [3]

หมายถึง สภาวะที่แพ็คเก็ตข้อมูลจากอินพุทใดอินพุทหนึ่งมีโอกาสที่จะมีเอาท์พุทแอดเดรสใดแอดเดรสหนึ่งมากกว่าแอดเดรสอื่นๆที่เหลือ