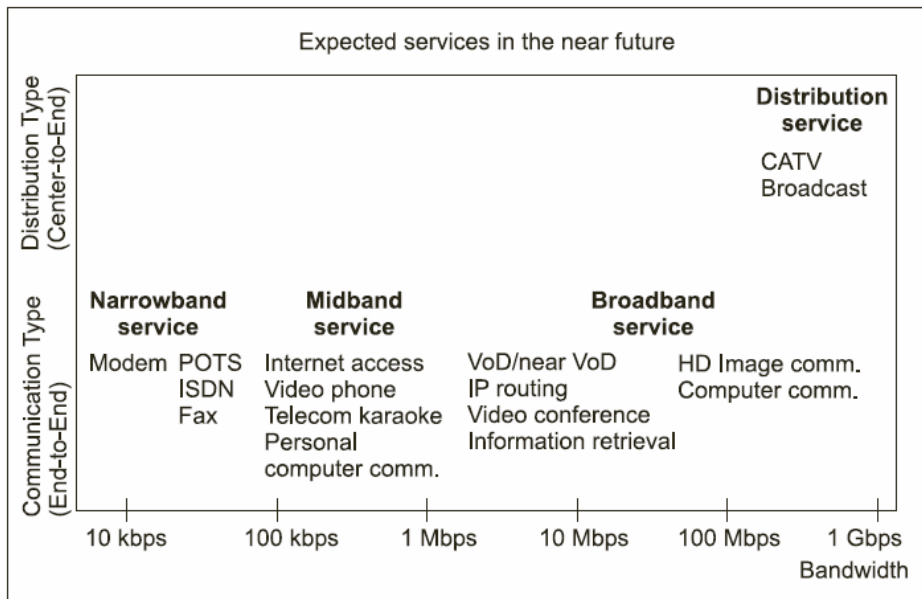


# พื้นฐานระบบเครือข่ายเอทีเอ็มเบื้องต้น (Basics of Asynchronous Transfer Mode Network)

อักรินทร์ คุณกิตติ

## 1 บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้งานแบบสื่อประสมมากขึ้น โดยเป็นการผสมผสานการใช้งานของข้อความ รูปภาพ เสียง ตลอดจนภาพเคลื่อนไหว เพื่อใช้ในการเรียนการสอน ความบันเทิง หรือการค้นหาข้อมูลต่างๆ ทำให้ระบบเครือข่ายเพื่อการสื่อสารจำเป็นต้องรองรับให้ได้ นอกจากนี้ระบบเครือข่ายที่ถูกพัฒนาขึ้นในอดีต เช่นระบบเครือข่ายโทรศัพท์ ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ระบบเครือข่ายโทรทัศน์ตามสาย ต่างก็ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยอิสระแยกออกจากกัน ทำให้การบริหารจัดการเครือข่ายต้องดูแลแยกออกจากกัน ขาดประสิทธิภาพในการใช้งานระบบเครือข่าย จึงได้มีการพัฒนาระบบเครือข่ายดิจิทัลแบบเบ็ดเสร็จความเร็วสูง (Broadband Integrated Services Digital Network – B-ISDN) ขึ้นมา โดยมีระบบเครือข่ายเอทีเอ็ม (ATM: Asynchronous Transfer Mode) ทำหน้าที่เป็นเครือข่ายแกนหลักในการสื่อสารข้อมูล



## 2 ลักษณะเด่นของระบบเครือข่ายเอทีเอ็ม

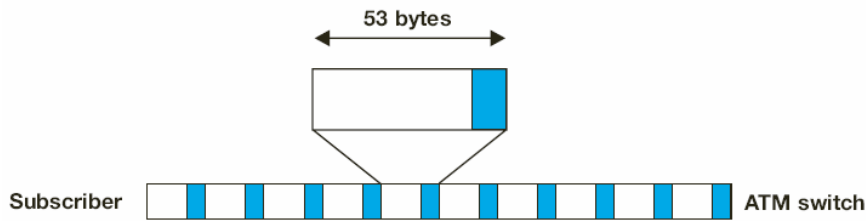
ระบบเครือข่ายเอทีเอ็มมีลักษณะเด่นคือ

- เป็นระบบเครือข่ายที่สามารถให้บริการการสื่อสารข้อมูลได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็น เสียง ภาพ ภาพเคลื่อนไหว ข้อมูล ตลอดจนสื่อประสมต่างๆ โดยสามารถกำหนดคุณภาพของการสื่อสารได้
- เป็นระบบเครือข่ายที่มีมาตรฐานรองรับ ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถทำงานร่วมกันได้ โดยไม่จำเป็นต้องมาจากผู้ผลิตเดียวกัน
- สามารถจัดการแบนด์วิดท์ ได้ตามที่ต้องการ โดยเฉพาะเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น ระบบการแพทย์ ระยะไกล การเรียนการสอนระยะไกล อินเทอร์เน็ต วิดีทัศน์ตามความต้องการ
- สามารถใช้สื่อในการเชื่อมต่อได้หลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็น PDH, SDH, SONET
- สามารถปรับเปลี่ยนขนาดได้ตามต้องการ เช่นการเลือกใช้แบนด์วิดท์ได้ตามความต้องการใช้งานจริงๆ
- มีการรับประกันคุณภาพของการสื่อสาร (Quality of Service, QoS)
- เทคโนโลยีเอทีเอ็มสามารถนำไปใช้งานได้ ในหลายๆส่วนของระบบเครือข่าย เช่นเป็นช่องทางเข้าถึงของผู้ใช้ หรือเป็นการให้บริการในเครือข่ายแกนหลัก หรือแม้กระทั่งสามารถใช้งานได้ในระบบเครือข่ายท้องถิ่น (LAN)

Phone, fax ➡ Digital or analog telephone network  
Data ➡ Data networks such as X.25, Frame Relay, etc.  
Cable TV ➡ CATV networks



### 3 หลักการทำงานเบื้องต้นของระบบเครือข่ายเอทีเอ็ม



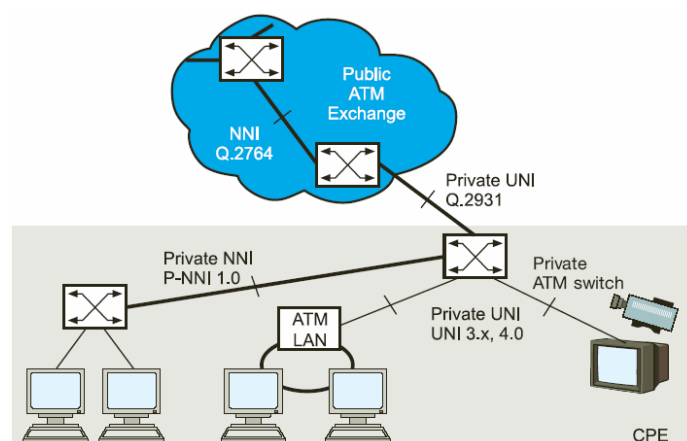
หลักการทำงานของระบบเครือข่ายเอทีเอ็มจะใช้หลักการของ Cell-Switched กล่าวคือ ข้อมูลที่ต้องการสื่อสารจะถูกแบ่งออกเป็นชุดข้อมูลที่มีขนาดเท่ากันทุกชุด และมีข้อมูลกำกับการสื่อสาร เรียกชุดข้อมูลนี้ว่า เซลล์ (Cell) แต่ละเซลล์จะถูกส่งออกไปในระบบเครือข่ายต่อเนื่องกันไป เซลล์จะถูกส่งต่อไปโดยอุปกรณ์สวิตช์ ไปจนถึงจุดหมายปลายทาง

#### 3.1 มาตรฐานของเอทีเอ็ม

ในปัจจุบันมีหน่วยงานหลักที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดมาตรฐานที่ใช้ในระบบเครือข่ายเอทีเอ็มอยู่สองหน่วยงาน ได้แก่

- ATM Forum เป็นการรวมตัวกันของผู้ผลิตและผู้ให้บริการด้านระบบเครือข่ายเอทีเอ็ม (มากกว่า 700 ราย) เพื่อร่วมกันกำหนดมาตรฐานต่างๆ ที่จะใช้ในการทำงานของระบบเครือข่าย
- ITU-T (เดิมคือ CCITT) เป็นองค์การนานาชาติ ที่กำหนดมาตรฐานทางด้านระบบโทรคมนาคม

#### 3.2 การเชื่อมต่อเครือข่ายเอทีเอ็ม



การเชื่อมต่อระบบเครือข่ายเอทีเอ็มสามารถแบ่งตามการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ได้เป็นสองแบบคือ

- UNI (User-Network Interface) เป็นการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายปลายทางกับอุปกรณ์เครือข่ายที่ทำหน้าที่ในการรับ-ส่งข้อมูล
- NNI (Network-Node Interface) เป็นการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เครือข่าย (สวิทช์) กันเอง โดยเป็นการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายกันเอง

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งตามชนิดเครือข่ายได้เป็น

- Private เป็นการเชื่อมต่อที่กำหนดขึ้นภายในเครือข่าย โดยเฉพาะระบบเครือข่ายปลายทางของผู้ใช้ สามารถมีได้ทั้ง Private UNI และ Private NNI
- Public เป็นการเชื่อมต่อกันระหว่างเครือข่ายสาธารณะ หรือเชื่อมต่อกันระหว่างเครือข่ายของผู้ให้บริการ สามารถมีได้ทั้ง Public UNI และ Public NNI

### 3.3 การทำงานลักษณะเซลล์

ระบบเครือข่ายเอทีเอ็มจะทำการรับ-ส่งข้อมูลเป็นเซลล์ข้อมูล ที่มีขนาดเท่ากันทุกเซลล์ คือมีขนาด 53 ไบต์ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นข้อมูลขนาด 48 ไบต์ และส่วนหัวที่ใช้กำกับการสื่อสารของเซลล์ขนาด 5 ไบต์

GFC/VPI	VPI		GFC Generic Flow Control 4 bits (to UNI only, otherwise = VPI)
VPI	VCI		
VCI			VPI Virtual Path Identifier, 8 bits (UNI) or 12 bits (NNI)
VCI	PTI	C	
HEC			VCI Virtual Channel Identifier, 16 bits
Information 48 bytes			PTI Payload Type Identifier, 3 bits
			C Cell Loss Priority, 1 bit
			HEC Header Error Control, 8 bits

ข้อมูลส่วนหัวที่ใช้กำกับการสื่อสารของเซลล์ขนาด 5 ไบต์ ประกอบด้วย

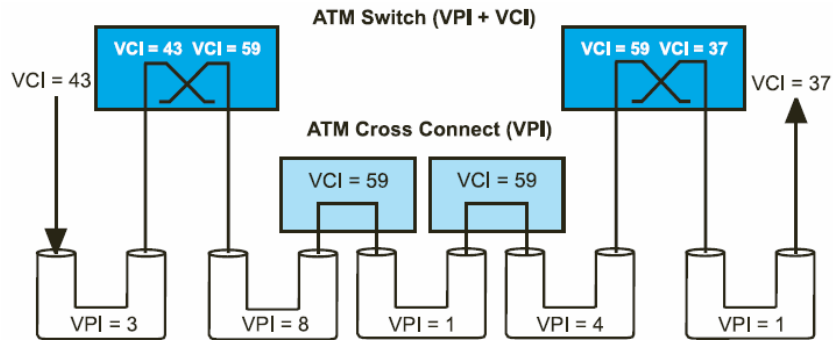
- GFC (Generic Flow Control) มีขนาด 4 บิต ใช้ในการควบคุมการสื่อสารการไหลของข้อมูลของอุปกรณ์ปลายทาง
- VPI (Virtual Path Identifier) เป็นส่วนที่ใช้กำหนดเส้นทางการสื่อสารจากช่องทางหนึ่งของอุปกรณ์ไปยังอีกช่องทางหนึ่งของอุปกรณ์ โดยทำงานร่วมกับ VCI เพื่อกำหนดเลขหมายช่องทางการสื่อสาร

- VCI (Virtual Channel Identifier) เป็นส่วนที่ใช้กำหนดเส้นทางการสื่อสารจากช่องทางหนึ่งของอุปกรณ์ไปยังอีกช่องทางหนึ่งของอุปกรณ์ โดยทำงานร่วมกับ VPI เพื่อกำหนดเลขหมายช่องทางสื่อสาร ซึ่งจะใช้เป็นเลขหมายกำหนดการทำงานของระบบ
- PTI (Payload Type Identifier) ใช้กำหนดว่าข้อมูลในเซลล์นี้เป็นข้อมูลชนิดใด
- CLP (Cell Loss Priority) เป็นส่วนที่กำหนดความสำคัญของเซลล์ในระบบเครือข่าย เพื่อใช้ระบุว่าเซลล์นี้สมควรที่จะถูกลบทิ้งไปหรือไม่ เมื่อเกิดความคับคั่งในการติดต่อสื่อสารขึ้นในระบบเครือข่าย โดยเซลล์ที่มี CLP-0 จะมีความสำคัญสูงกว่าเซลล์ที่มี CLP-1
- HEC (Header Error Control) ใช้ในการควบคุมและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในส่วนหัวของเซลล์ รวมทั้งใช้ในการตรวจจับจุดเริ่มต้นของเซลล์ด้วย

การทำงานของระบบเครือข่ายเอทีเอ็มจะอาศัยการแปลความหมายของข้อมูลในส่วนหัวของเซลล์ดังตัวอย่างในตาราง

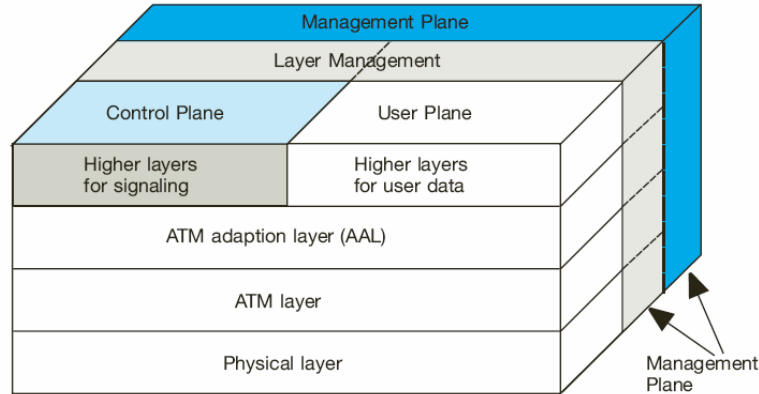
Meaning	VPI	VCI	PTI	CLP
Unassigned cell	00000000	00000000 00000000	Any value	0
Invalid	Any VPI value other than 0	00000000 00000000	Any value	B
Point-to-point signaling	XXXXXXXX	00000000 00000101	0AA	C
Segment OAM F4 flow cell	Any VPI value	00000000 00000011	0A0	A
End-to-end OAM F4 flow cell	Any VPI value	00000000 00000100	0A0	A
VP resource management cell	Any VPI value	00000000 00000110	110	A
Segment OAM F5 flow cell	Any VPI value	Any VCI value other than decimal 0, 3, 4, 6, 7	100	A
End-to-end OAM flow cell	Any VPI value	Any VCI value other than decimal 0, 3, 4, 6, 7	101	A
VC Resource management cell	Any VPI value	Any VCI value other than decimal 0, 3, 4, 6, 7	110	A
Reserved for future VC functions	Any VPI value	Any VCI value other than decimal 0, 3, 4, 6, 7	111	A

A: May be 1 or 0, depending on the function of the ATM layer  
 B: The content of this bit has no meaning  
 C: The transmitting terminal equipment should set the CLP bit to zero. The value may be altered by the network.



ในการทำงานแบบสวิทช์ของระบบเครือข่ายเอทีเอ็มจะเป็นการรับข้อมูลเซลล์ที่มีหมายเลข VPI และ VCI จากการเชื่อมต่อหนึ่งๆ ของอุปกรณ์สวิทช์ แล้วอุปกรณ์สวิทช์จะทำหน้าที่เลือกเส้นทางของเซลล์นั้นว่า จะต้องส่งต่อออกไปในช่องทางการเชื่อมต่อใดของอุปกรณ์สวิทช์นั้น โดยจะส่งต่อไปยังการเชื่อมต่อที่กำหนดไว้ แล้วจะแปลงหมายเลข VPI และ VCI ให้เป็นหมายเลขของการเชื่อมต่อหนึ่งๆ แล้วส่งต่อไปยังอุปกรณ์ถัดไปต่อไปเช่นนี้เรื่อยๆ ไปจนถึงจุดหมายปลายทาง

#### 4 รูปแบบอ้างอิงของเอทีเอ็ม (The ATM Reference Model)

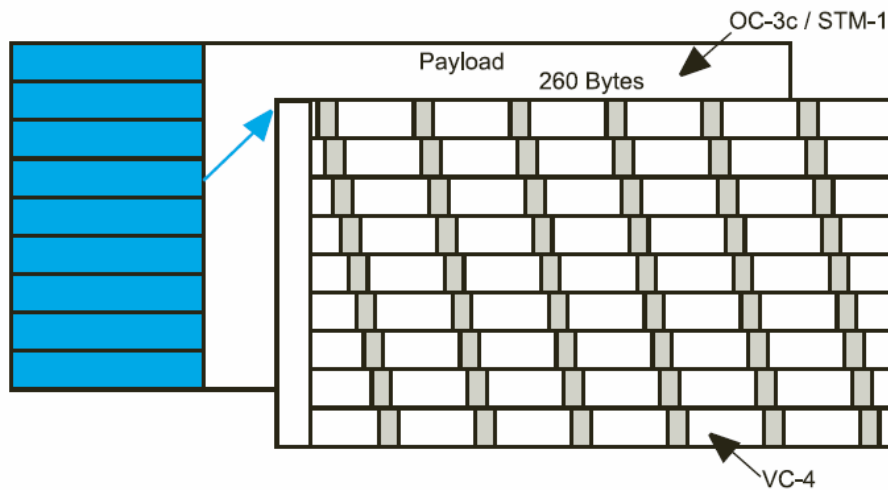


เพื่อให้สามารถอธิบายการทำงานของระบบเครือข่ายได้สะดวก จึงได้มีการกำหนดรูปแบบอ้างอิงของระบบเครือข่ายเอทีเอ็ม โดยประกอบด้วยชั้นการทำงานต่างๆ จำนวน 4 ชั้น (ดังรูป) นอกจากนี้ยังได้กำหนดหน้าที่การทำงานของการติดต่อสื่อสารออกเป็น สามระนาบ (Plane) คือ

- User Plane เป็นการสื่อสารข้อมูลของผู้ใช้
- Control Plane เป็นการควบคุมการติดต่อสื่อสารของการเชื่อมต่อ โดยดูแลการสร้าง รักษา และสิ้นสุดการเชื่อมต่อใน User Plane หรือทำหน้าที่ดูแลสัญญาณควบคุมต่างๆ นั้นเอง
- Management Plane เป็นการจัดการ ตรวจสอบ และประสานการทำงานส่วนต่างๆ ของระบบเครือข่าย

#### 4.1 ชั้นกายภาพ (Physical Layer)

ชั้นกายภาพเป็นชั้นการทำงานที่เกิดการสื่อสารขึ้นจริง เป็นการกำหนดการสื่อสารในรูปแบบเซลล์ว่าจะสื่อสารในช่องทางที่กำหนดในลักษณะใด



#### 4.2 ชั้นเอทีเอ็ม (ATM Layer)

ชั้นเอทีเอ็มเป็นการทำงานรับส่งข้อมูลและสวิตช์ในลักษณะเซลล์ โดยทำการสร้างและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลส่วนหัวของเซลล์ ตลอดจนส่ง-รับและสวิตช์เซลล์ตามข้อมูลของ VPI/VCI

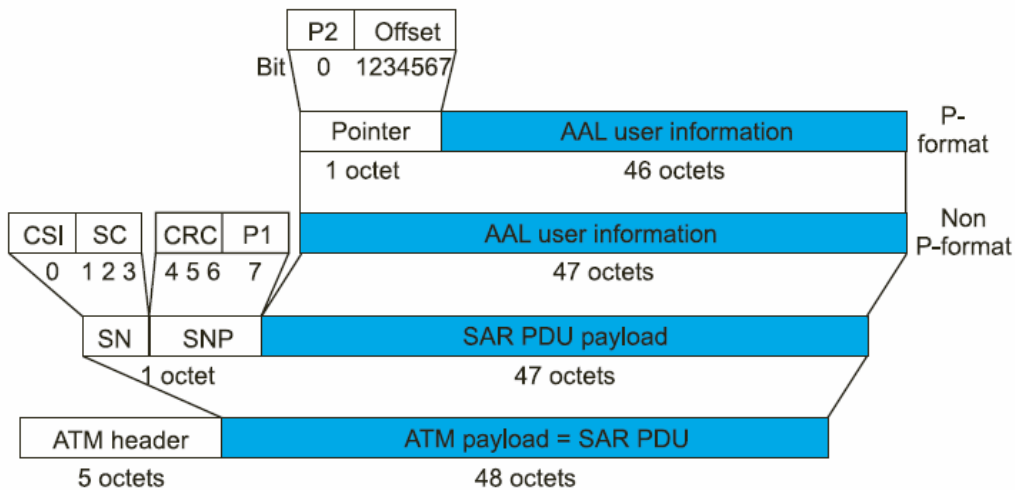
#### 4.3 ชั้นแปลงให้เป็นเอทีเอ็ม (ATM Adaptation Layer:AAL)

ชั้นแปลงให้เป็นเอทีเอ็มเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการแปลงข้อมูลที่ต้องการสื่อสารให้อยู่ในรูปแบบของเซลล์ เพื่อใช้ในการสื่อสารในชั้นอื่นๆ โดยมีการกำหนดประเภทของการให้บริการสื่อสารเป็น AAL1, AAL2, AAL3/4 และ AAL5 ในชั้นนี้จะทำการแบ่งออกเป็นสองชั้นย่อยคือ

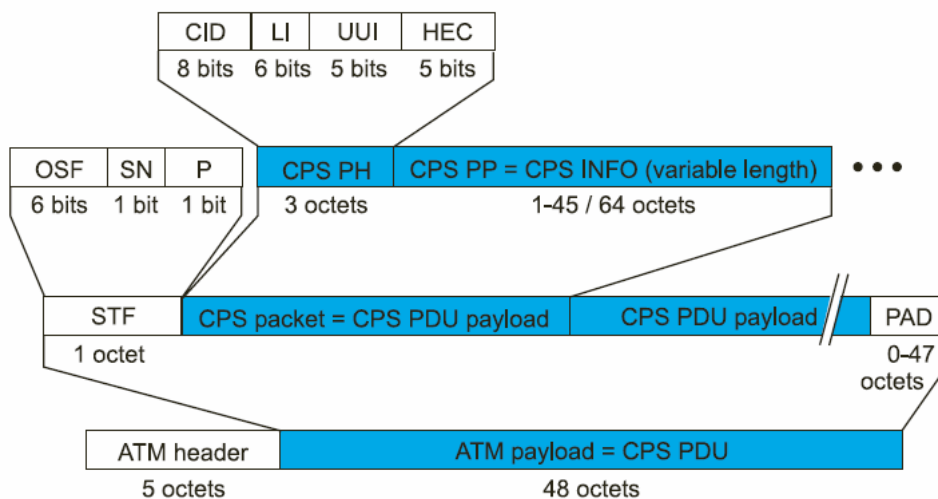
- Segmentation And Reassembly Sublayer (SAR) ทำหน้าที่แบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนๆ ให้สามารถบรรจุลงในเซลล์ในส่วนที่เป็นข้อมูลได้ และทำการรวมข้อมูลที่ได้รับให้กลับเป็นเหมือนเดิม
- Convergence Sublayer (CS) ทำหน้าที่ระบุชนิดของข้อมูล รวมถึงกลไกในการสื่อสารข้อมูลให้ได้จังหวะเวลาระหว่างผู้ส่งและผู้รับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของการให้บริการ

ประเภทของการให้บริการสื่อสารแบ่งเป็น

- AAL Type 1 ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเวลาโดยตรง (time-critical applications) ที่มีอัตราการสื่อสารข้อมูลคงที่ (constant bit rate) เช่นการสื่อสารข้อมูลเสียงและภาพเคลื่อนไหว

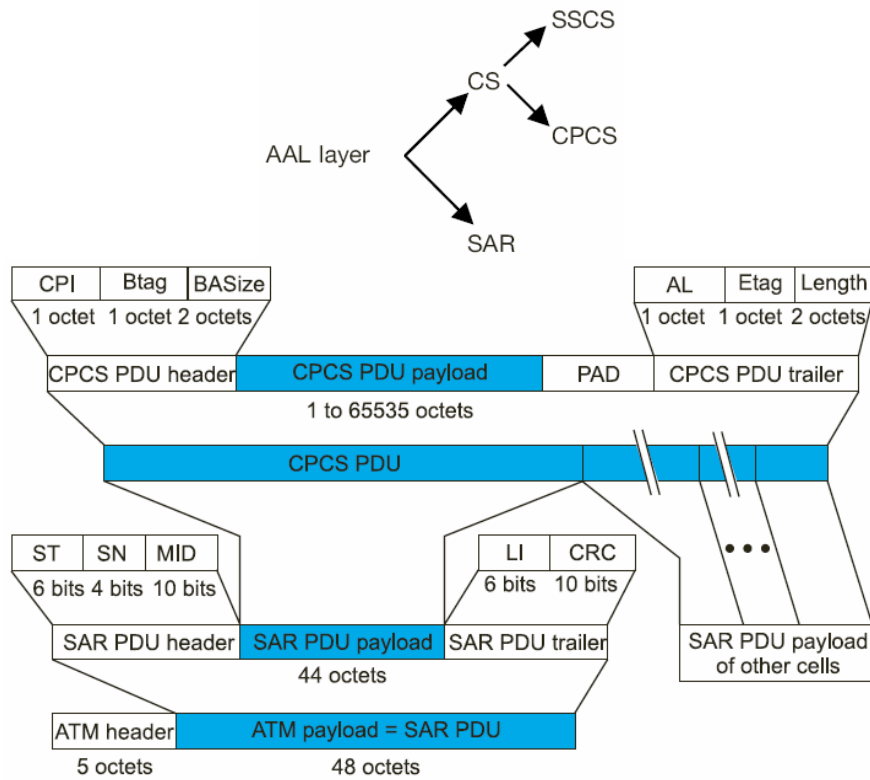


- AAL Type 2 ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเวลาโดยตรง (time-critical applications) ที่มีอัตราการสื่อสารข้อมูลแปรเปลี่ยนได้ (variable bit rate) เช่นการสื่อสารข้อมูลเสียงและภาพเคลื่อนไหวที่มีการบีบอัด

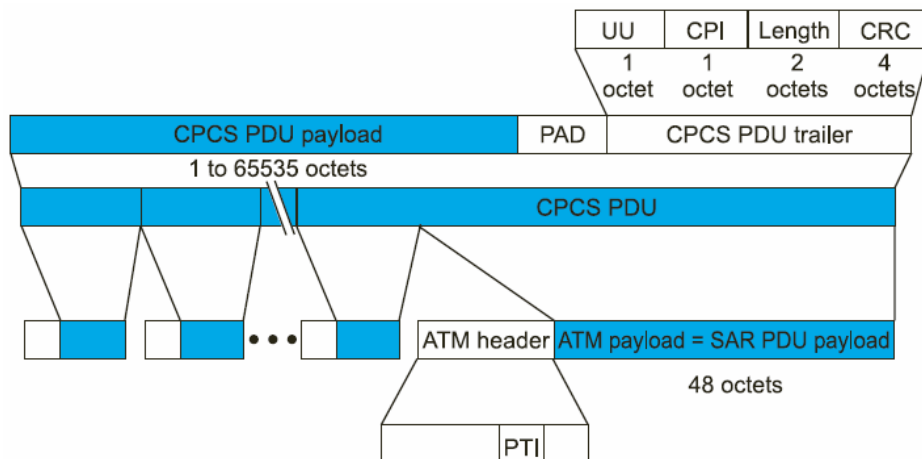




- AAL Type 3/4 ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลในลักษณะ Circuit-Oriented และ Circuit-less โดยมี การแบ่งการทำงานของชั้นย่อย CS ออกเป็น Common Part Convergence Sublayer (CPCS) และ Service Specific Convergence Sublayer (SSCS)




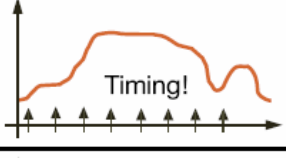

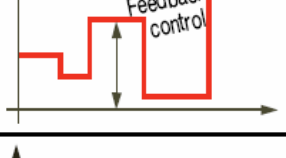
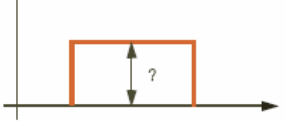
- AAL Type 5 ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลในลักษณะพิเศษ กล่าวคือเป็นการลดการสื่อสารข้อมูล แบบ AAL Type 3/4 ให้เล็กลง โดยเหมาะกับการสื่อสารข้อมูลในเครือข่ายทั่วไป เช่น Frame Relay, TCP/IP



## 5 ประเภทบริการของเอทีเอ็ม (ATM Service Categories)

ระบบเครือข่ายเอทีเอ็ม มีการแบ่งประเภทของบริการการสื่อสารข้อมูล โดย ATM Forum แบ่งออกเป็น

- CBR (Constant Bit Rate) เป็นการสื่อสารข้อมูลที่มีอัตราคงที่และมีจังหวะเวลาที่แน่นอน เช่น เสียง ภาพเคลื่อนไหว
- rt-VBR (RealTime Variable Bit Rate) เป็นการสื่อสารข้อมูลที่มีอัตราการสื่อสารแปรเปลี่ยนได้และมีจังหวะเวลาที่แน่นอน เช่น เสียง ภาพเคลื่อนไหวที่มีการบีบอัด
- nrt-VBR (Non-RealTime Variable Bit Rate) เป็นการสื่อสารข้อมูลที่มีอัตราการสื่อสารแปรเปลี่ยนได้และไม่ต้องการจังหวะเวลาที่แน่นอน เช่น การโอนย้ายไฟล์ข้อมูล
- ABR (Available Bit Rate) เป็นการสื่อสารข้อมูลที่ใช้ทรัพยากรส่วนที่เหลือของระบบเครือข่าย โดยมักจะมีการควบคุมการสื่อสารด้วย
- UBR (Unspecific Bit Rate) เป็นการสื่อสารข้อมูลที่ไม่มีการรับประกันคุณภาพการสื่อสารใดๆ

ATM-Forum	ITU-T	Possible traffic profile	Description/ Applications
Constant Bit Rate <b>CBR</b>	Deterministic Bit Rate <b>DBR</b>		Constant bit rate with time reference (real-time) Speech, video
Realtime Variable Bit Rate <b>rt-VBR</b>	under study		Variable bit rate with time reference (real-time) Compressed video/audio
Non realtime Variable Bit Rate <b>nrt-VBR</b>	Statistical Bit Rate <b>SBR</b>		Variable bit rate without time reference File transfer
Available Bit Rate <b>ABR</b>	Available Bit Rate <b>ABR</b>		Resource-dependent bandwidth-allocation, network has interactive control
Unspecific Bit Rate <b>UBR</b>	-		No guarantee for traffic and QoS parameters

ตัวอย่างของการใช้งานการสื่อสารข้อมูลที่สามารถใช้บริการประเภทต่างๆ ได้ เป็นดังนี้

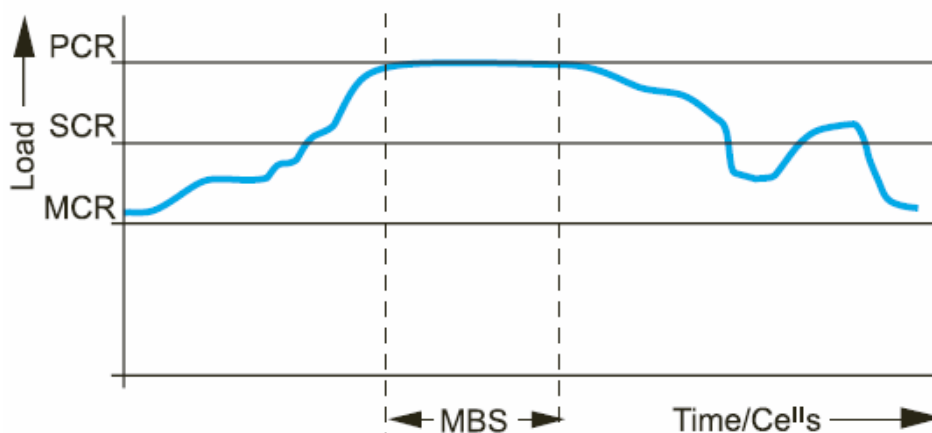
	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	ABR	UBR
Critical data	● ●	●	● ● ●	●	○
LAN interconnect	●	●	● ●	● ● ●	● ●
WAN transport	●	●	● ●	● ● ●	● ●
Circuit emulation	● ● ●	● ●	○	○	○
Telephony, Video-conferencing	● ● ●	○ ○	○ ○	○	○
Compressed audio	●	● ● ●	● ●	● ●	●
Video distribution	● ● ●	● ● ●	●	○	○
Interactive multimedia	● ● ●	● ● ●	● ●	● ●	●

● ● ● Optimum; ● ● Good; ● Fair; ○ Not suitable; ○ ○ Under review

### 5.1 ข้อตกลงของการสื่อสาร (Traffic Contract)

ในการบริการของเอทีเอ็มสามารถแบ่งประเภทต่างๆ ได้ตาม

- ชนิดของบริการ (Type of Service) ซึ่งจะกำหนดคุณลักษณะด้วย Traffic Parameters
- คุณภาพการบริการ (Service Quality) ซึ่งจะกำหนดคุณลักษณะด้วย QoS Parameters



โดย Traffic Parameters จะเป็นตัวกำหนดชนิดของบริการ โดยมีค่าต่างๆ ดังนี้

- **Peak Cell Rate (PCR)** - อัตราการส่งข้อมูลเซลล์สูงสุดที่สามารถทำได้
- **Cell Transfer Delay (CTD)** – เวลาหน่วงที่เสียไปในการสื่อสารเซลล์
- **Cell Delay Variation Tolerance (CDVT) peak** - อัตราการทนต่อความแปรปรวนของเวลาหน่วงของการสื่อสารในการส่งสูงสุด
- **Sustainable Cell Rate (SCR)** - อัตราการส่งเฉลี่ยของข้อมูลเซลล์อย่างต่อเนื่อง
- **Cell Delay Variation Tolerance (CDVT) sustained** - อัตราการทนต่อความแปรปรวนของเวลาหน่วงของการสื่อสารในการส่งอย่างต่อเนื่อง
- **Maximum Burst Size (MBS) / Burst Tolerance (BT)** – ค่าเวลาสูงสุดหรือจำนวนเซลล์สูงสุดที่สามารถส่งได้ตาม PCR
- **Minimum Cell Rate (MCR)** – อัตราการส่งข้อมูลเซลล์ต่ำสุดที่ระบบเครือข่ายทำการรับประกัน (สำหรับ ABR)

การบริการแต่ละประเภทจะมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

Attributes	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR	Parameter class
CLR	defined	defined	defined	not defined	defined	QoS
CTD and CDV	CDV and Mean CTD	CDV and Max CTD	only Mean CTD	not defined	not defined	QoS
PCR and CDTV	defined	defined	defined	defined	defined	Traffic
SCR and BT	not usable	defined	defined	not usable	not usable	Traffic
MCR	not usable	not usable	not usable	not usable	defined	Traffic

โดยมีการกำหนดประเภทของคุณภาพการบริการ (Quality of Service – QoS) ดังนี้

- Class 0: Unspecified
- Class 1: Circuit Emulation, CBR video
- Class 2: VBR audio and video
- Class 3: Circuit-Switched data traffic
- Class 4: Circuit-less data traffic

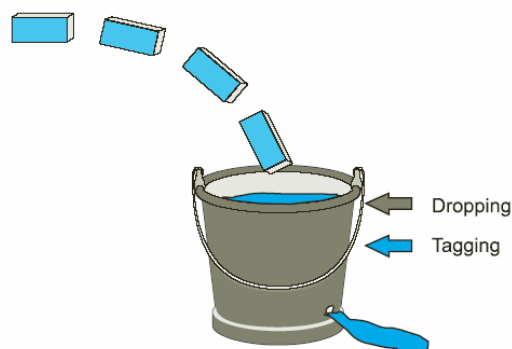
โดยที่แต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกันในค่าต่อไปนี้

- CTD
- CDV
- CLR (with CLP-0 or CLP-1)

## 5.2 การจัดการการสื่อสาร (Traffic Management)

เพื่อที่จะสามารถควบคุมคุณภาพของบริการตามที่กำหนดได้ ระบบเครือข่ายเอทีเอ็มจะมีการจัดการการสื่อสาร (Traffic Management) ดังนี้

- Connection Admission Control (CAC) - ให้ความคุมตอนเริ่มต้นสร้างการเชื่อมต่อระหว่างต้นทางกับปลายทาง
- Usage Parameter Control (UPC) or Policing – ให้ความคุมตอนใช้งานสื่อสารข้อมูลว่าเป็นไปตามข้อตกลงของการสื่อสาร (Traffic Contract) หรือไม่ โดยเซลล์ที่ส่งมาเกินข้อตกลงจะเปลี่ยนค่า CLP เป็น CLP-1
- Cell Loss Priority Control – นำเซลล์ที่มี CLP-1 ออกจากระบบเมื่อมีความจำเป็น เช่นเกิดความคับคั่งในระบบเครือข่าย
- Traffic Shaping – ดำเนินการโดยอุปกรณ์ปลายทางหรืออุปกรณ์เครือข่ายบางชนิด เพื่อให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลเซลล์ที่ส่งออกมานั้นเป็นไปตามข้อตกลงที่กำหนดไว้
- GCRA (Generic Cell Rate Algorithm) หรือที่รู้จักกันในชื่อ “Leaky Bucket” Algorithm – ดำเนินการในส่วนของ UPC ในลักษณะเดียวกับ Traffic Shaping โดยใช้ค่าของ PCR, SCR และ MBS ในการควบคุมให้เป็นไปตามอัลกอริทึม



\*\*\*\*\*