



Multiple Access

Paramate Horkaew

School of Computer Engineering
Institute of Engineering, Suranaree University of Technology



Lecture Outline

- **Random Access**

- Multiple Access (MA)
- Carrier Sense Multiple Access (CSMA)
- CSMA/CD and CSMA/CA

- **Controlled Access**

- Reservation
- Polling
- Token Passing

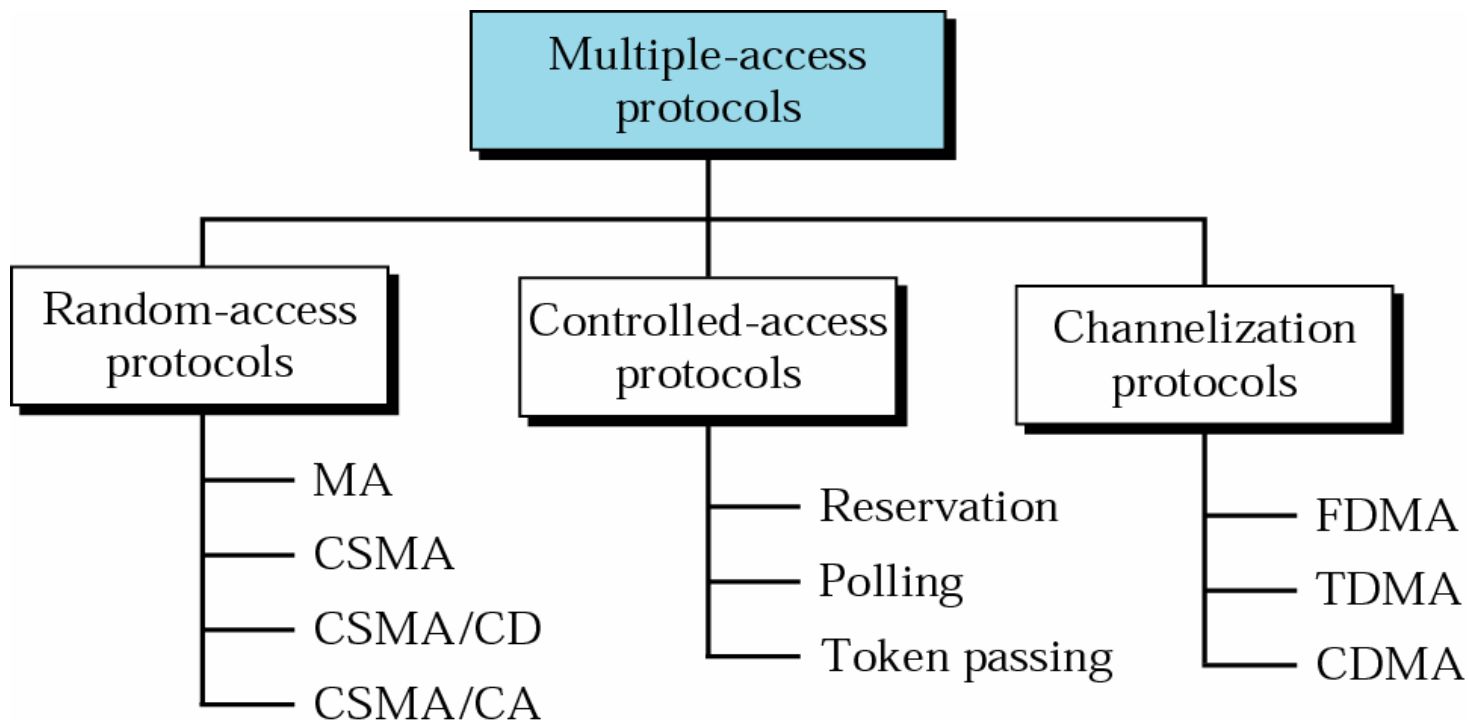
- **Channelization**

- FDMA
- TDMA
- CDMA

Multiple Access Protocol

MA คือข้อกำหนดในการ ควบคุมการเชื่อมต่อ ระหว่างอุปกรณ์การสื่อสารหลายชุด ซึ่งใช้
ตัวกลางร่วมกัน (Common Link) เพื่อบริหารจัดการ และจัดสรรช่องสัญญาณ

จุดประสงค์หลักคือเพื่อ **1) ป้องกันการแทรกสอดจากอุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้อง และ 2)
ป้องกันการยึดครองตัวกลางแต่เพียงผู้เดียว**



Random Access (RA)

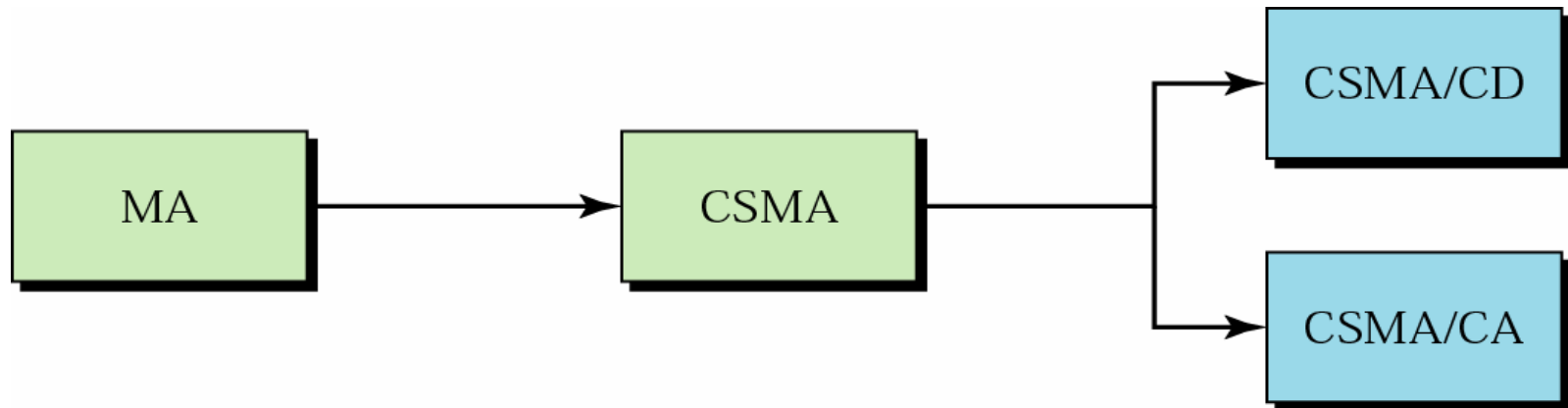
วิธีการเข้าใช้แบบ RA จะกำหนดสิทธิ์ให้กับอุปกรณ์การสื่อสารทุกตัวสามารถเข้าใช้ตัวกลาง (Access) ได้อย่าง **อิสระ** ไม่ถูกควบคุมด้วยอุปกรณ์อื่นใด

ด้วยเหตุนี้จึงมักจะเกิดความขัดแย้งในการเข้าใช้ตัวกลาง (Access Conflict) หรือ การชนกันของข้อมูลข่าวสารในตัวกลาง (Collision) ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วย กระบวนการ ซึ่งตอบคำถามต่อไปนี้

- **When** เมื่อใดถึงจะสามารถเข้าใช้ตัวกลางได้
- **What** อุปกรณ์สื่อสารต้องทำอะไร เมื่อตัวกลางขณะนั้นไม่ว่าง (Busy)
- **How** อุปกรณ์การสื่อสารสามารถประเมินผลสัมฤทธิ์ หรือความล้มเหลวของการส่งผ่านข้อมูลได้อย่างไร
- **What** อุปกรณ์สื่อสารต้องทำอะไร เมื่อเกิดภาวะความขัดแย้งในการเข้าใช้ตัวกลาง หรือ Access Conflict

Evolution of RA Methods

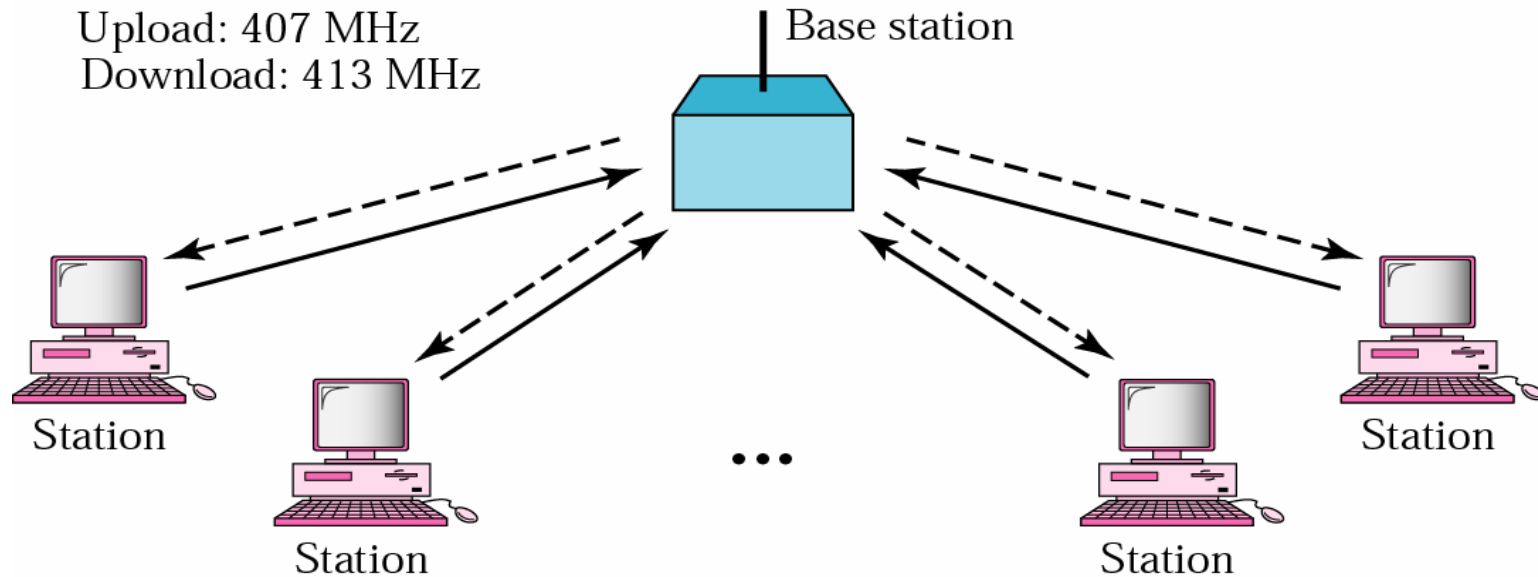
ขั้นตอนวิธี Random Access มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องดังแสดงในแผนผังต่อไปนี้



- **ALOHA** เป็นขั้นตอนวิธี MA อย่างง่าย ที่ได้รับคิดค้นขึ้นเป็นแบบแรก
- **CSMA** คือกระบวนการที่ปรับปรุงขึ้นมาจาก ALOHA โดยเพิ่มการตรวจสอบ (Sense) ตัวกลางก่อนว่า ว่าง/สามารถเข้าใช้ ได้หรือไม่
- **CSMA/CD** เพิ่มการ ตรวจสอบ การชนกันของข่าวสาร (Detect Collision)
- **CSMA/CA** เพิ่มการ หลีกเลี่ยง การชนกันของข่าวสาร (Avoid Collision)

Multiple Access (ALOHA)

คิดค้นเมื่อปี 1970 สำหรับ LAN ที่ใช้คลื่นวิทยุความเร็ว 9 600 bps โดยมีสถานีฐาน ทำหน้าที่เป็น Hub ในการถ่ายโอนข้อมูล ซึ่งมีหลักการง่ายๆ ดังนี้

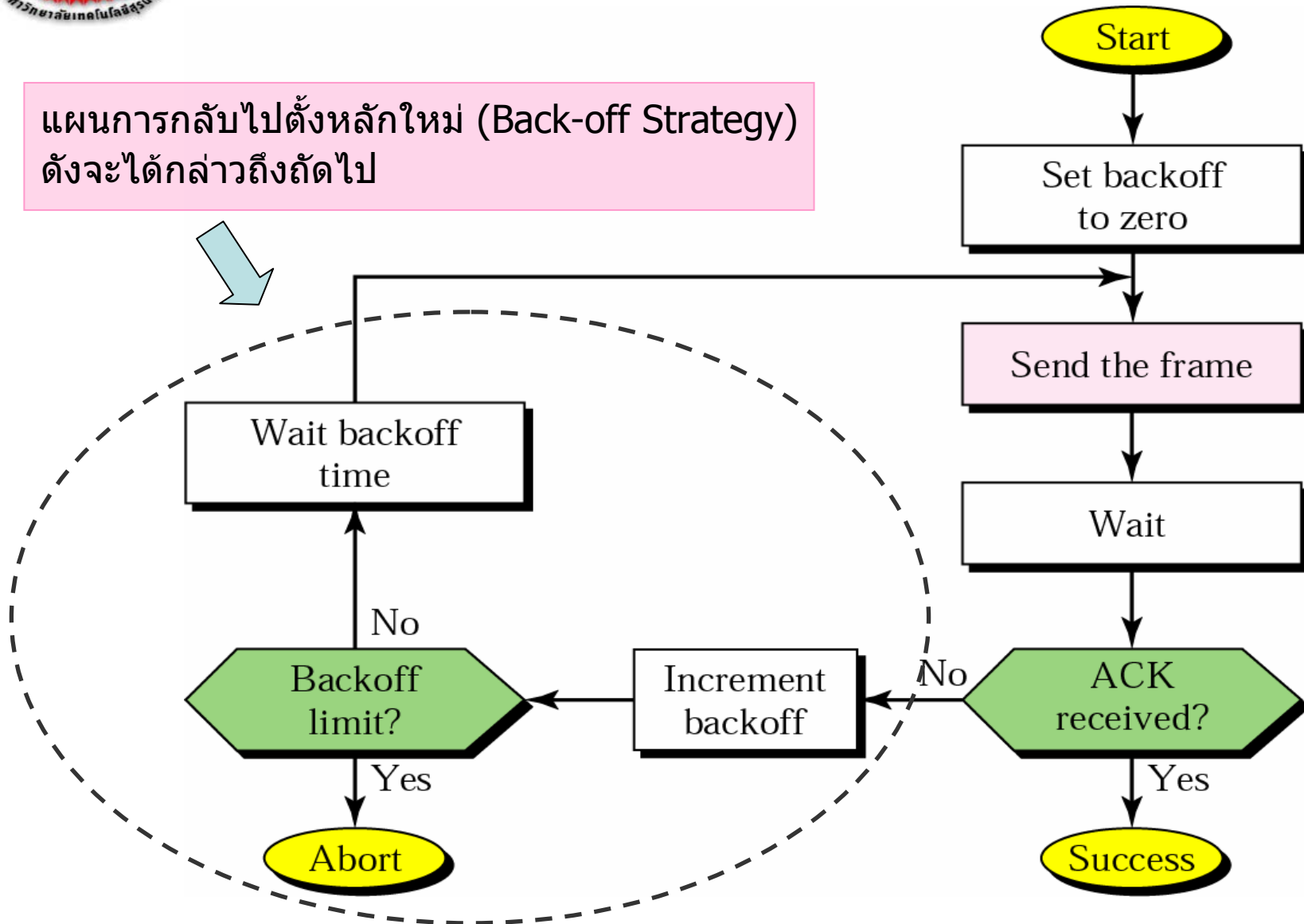


- **MA** ทุกสถานีสามารถรับ/ส่งข้อมูล (Multiple Access) ได้เท่าเทียมกัน
- **ACK** เมื่อสถานีใดส่งข้อมูลไปแล้วจะจับเวลารอ ACK ถ้าหากไม่ได้รับภายในเวลาที่กำหนด (2 เท่าของเวลาในการเดินทางของสัญญาณ) จะต้องส่งใหม่



ALOHA Protocol

แผนการกลับไปตั้งหลักใหม่ (Back-off Strategy)
ดังจะได้กล่าวถึงถัดไป



Carrier Sense Multiple Access

CSMA คือกระบวนการ เพื่อลดแนวโน้มในการชนกันของข่าวสาร (เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสาร)

- **ฟัง** สถานีที่ต้องการส่งจะต้องตรวจสอบ (Sense) ก่อนว่าตัวกลางว่างหรือไม่
- **พูด** ถ้าว่างจึงจะสามารถทำการส่งได้

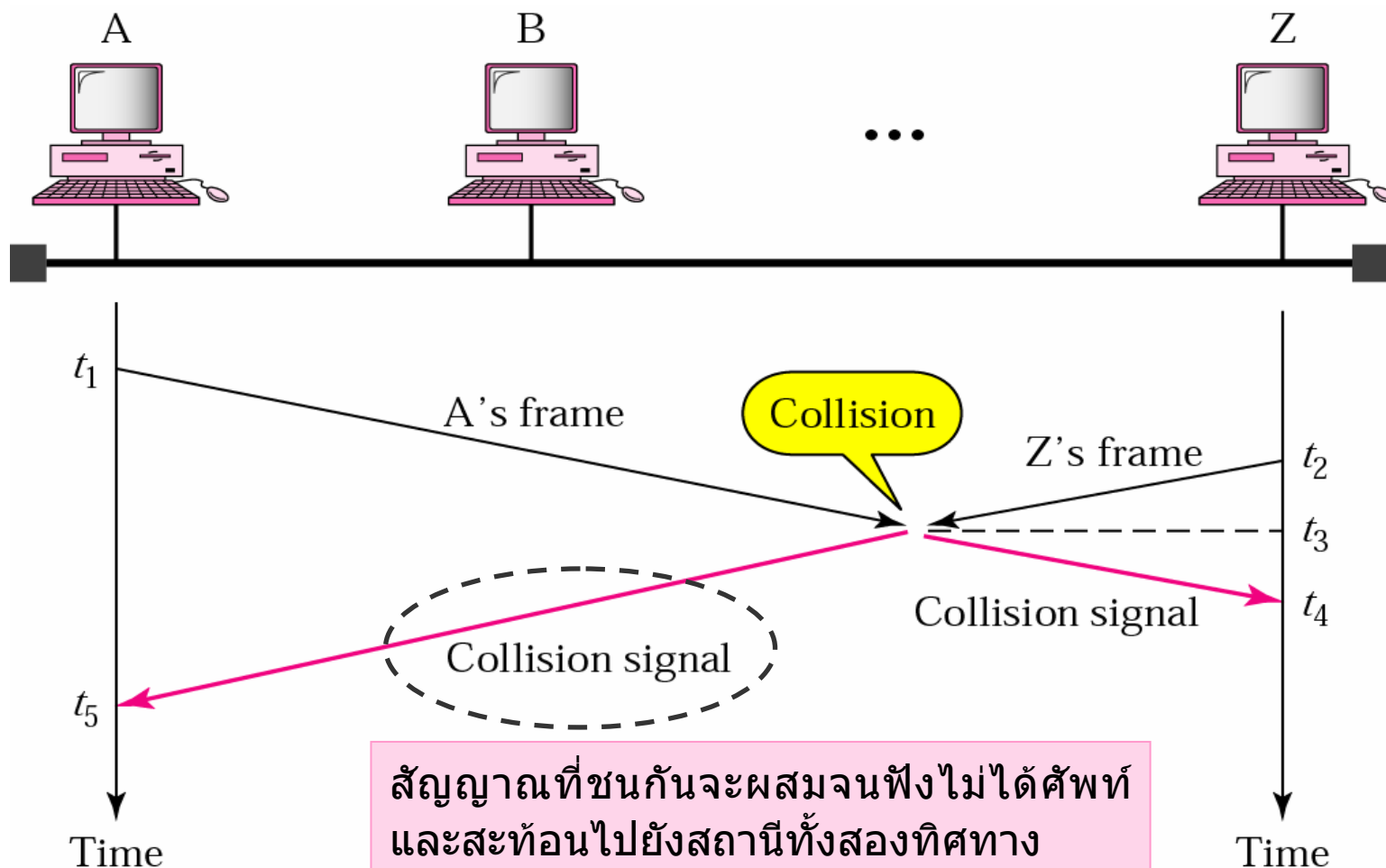
“Listen Before Talk”

ถึงแม้ CSMA จะ ลด แนวโน้มในการชนกันของข่าวสาร แต่ ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการชนกันได้อย่างสิ้นเชิง ทั้งนี้เนื่องจาก Propagation Delay

ตัวอย่างเช่น หากสถานี ตรวจสอบแล้วพบว่าขณะนั้น ตัวกลางว่างอยู่จึงได้ทำการส่ง Data ออกไป แต่สถานะว่างของตัวกลางนั้น อาจเป็นไปได้ว่า เนื่องจาก Data ที่ส่งมาจากสถานีอื่น ยังมาไม่ถึงจุดที่สถานีนั่น จึงตรวจสอบไม่พบ

Collision in CSMA

การเกิด Collision ในวิธี CSMA อาจแสดงได้ดังแผนผังต่อไปนี้



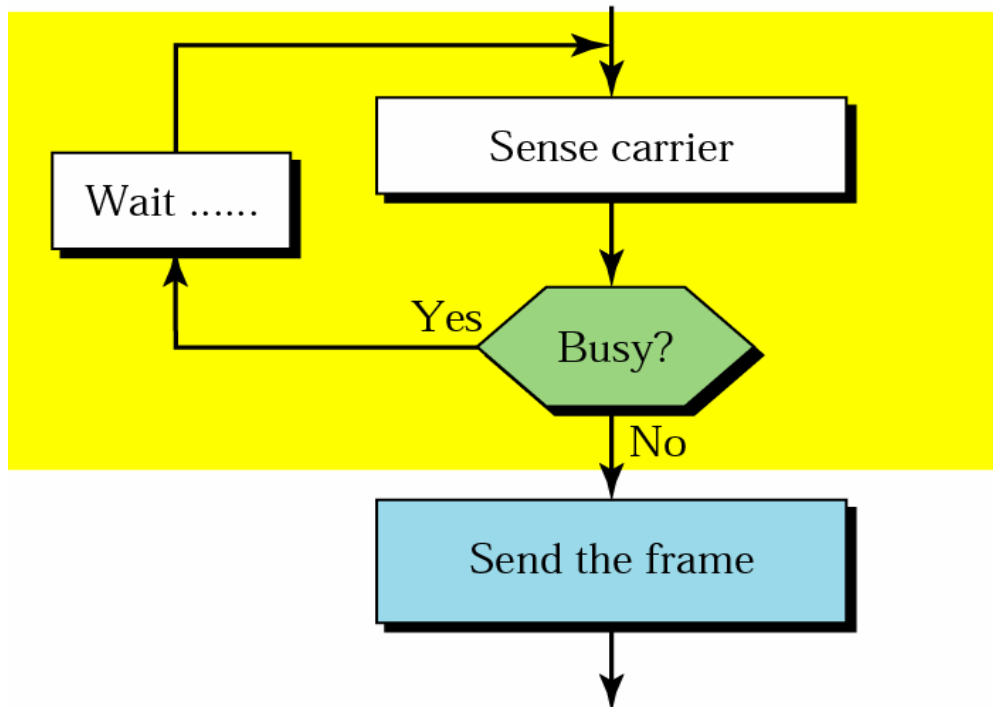


Persistent Strategy

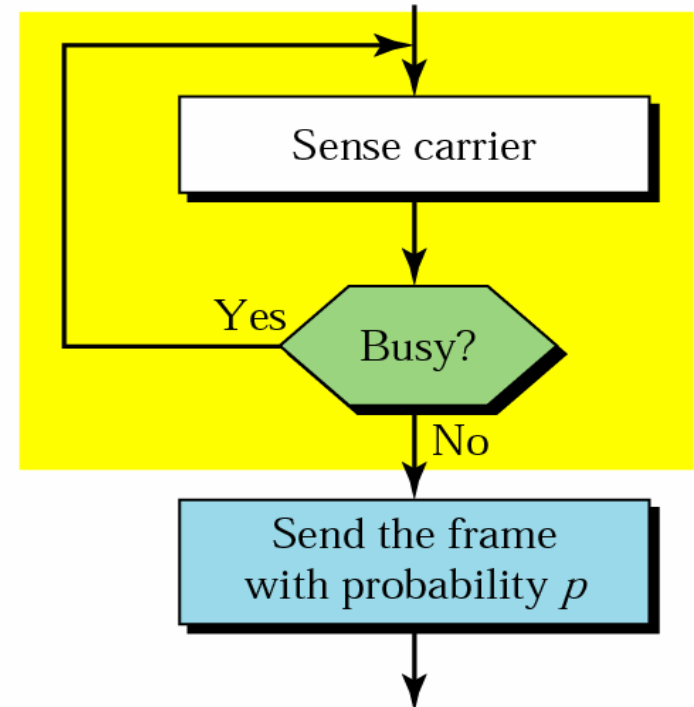
หากสถานีพบว่าตัวกลางไม่ว่าง (Busy) อาจดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง

- **Non-persistent** ถ้า ไม่ว่าง สถานีจะหยุดระยะหนึ่ง (ค่าสุ่ม) แล้วจึงส่งใหม่
- **Persistent** ถ้า ว่าง สถานีจะส่ง Data ด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ $p \leq 1$ (วิดีโอ)

Nonpersistent strategy



Persistent strategy





CSMA/CD

CSMA ไม่ดำเนินการใดๆ หากเกิดการชน (จึงไม่มีการใช้งานจริงในทางปฏิบัติ)

ดังนั้นได้มีการพัฒนา CSMA with **Collision Detection** ขึ้นโดยเพิ่มกระบวนการตรวจสอบการชนกันของข่าวสาร

Collision Detection

หลังจากที่สถานีส่งข้อมูลออกไปในตัวกลางแล้วจะต้องประเมินว่าการส่งข้อมูลนั้น สมบูรณ์หรือไม่ (ดูจาก ACK) ถ้าไม่ แสดงว่าเกิดการชนกันของข่าวสารขึ้น ซึ่งต้องทำการส่ง Data Frame เดิมนั้นใหม่ ทั้งนี้เพื่อลดความน่าจะเป็นในการชนซ้ำ CSMA/CD จะใช้หลักการ Back-off (รอตั้งหลัก)

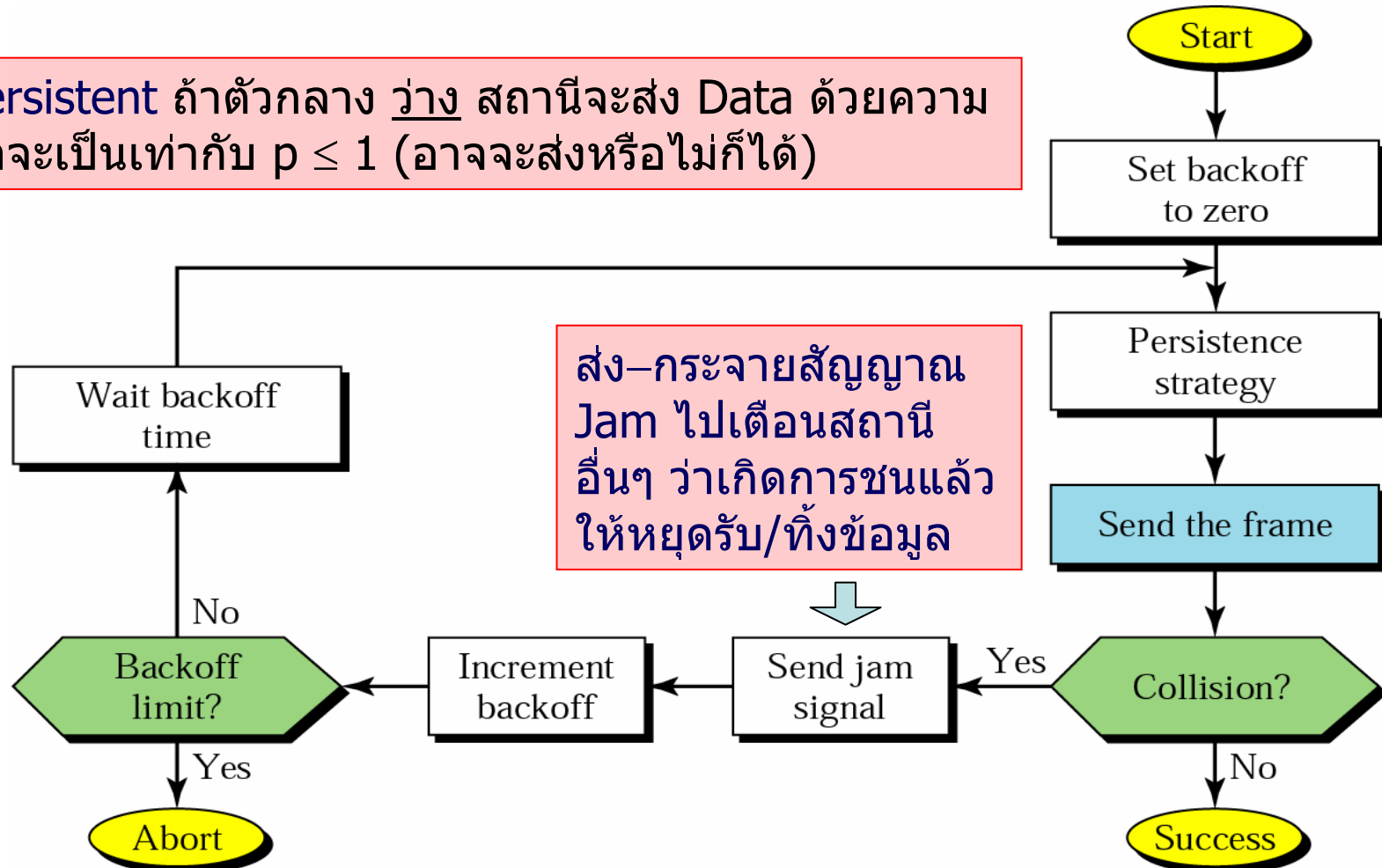
Back-off

เพื่อประสิทธิภาพสูงสุด ระยะเวลาในการรอตั้งหลักจะ สุ่มค่า อยู่ในช่วงเวลา 0 ถึง 2^N เท่าของ Propagation Delay ในตัวกลาง เมื่อ N คือจำนวนครั้งที่ Back-off

CSMA/CD Procedure

CSMA/CD จะใช้แผน Persistent ร่วมกับ Back-off (เช่นใน Ethernet ยุคเก่า)

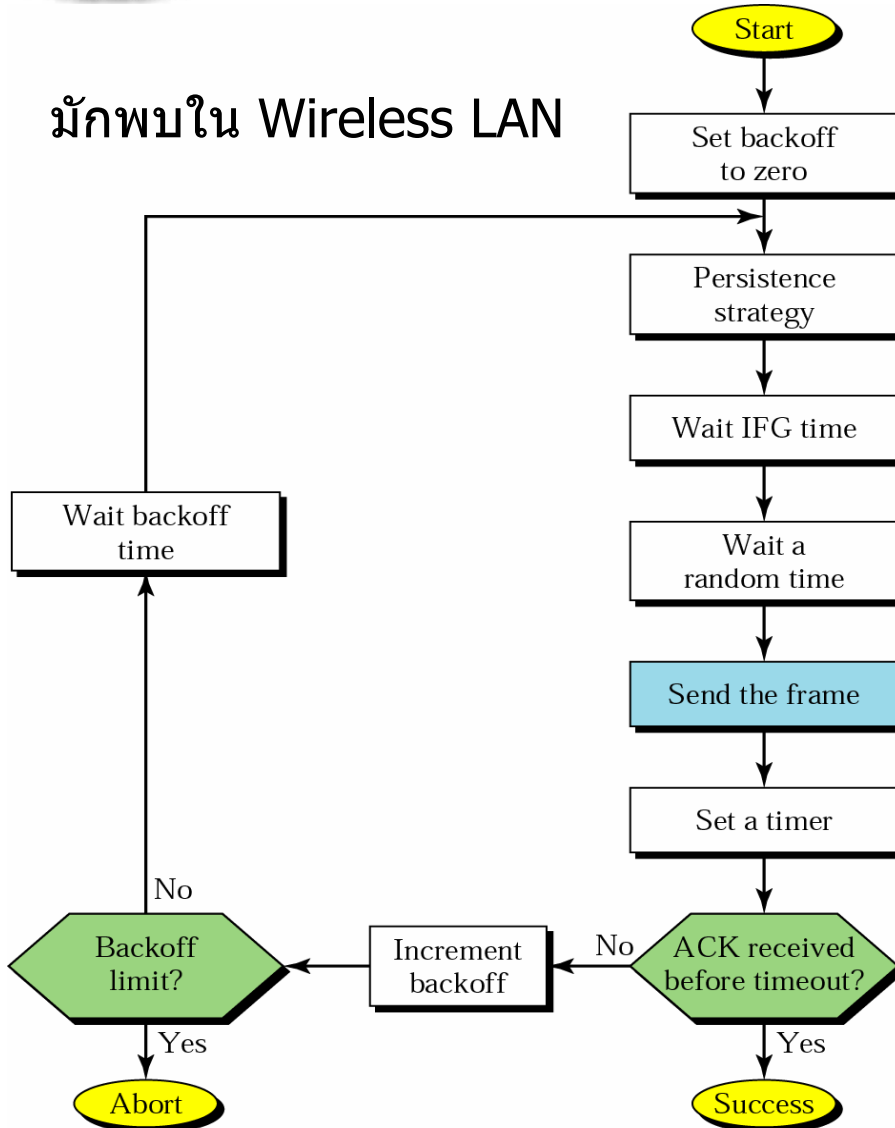
Persistent ถ้าตัวกลาง ว่าง สถานีจะส่ง Data ด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ $p \leq 1$ (อาจจะส่งหรือไม่ก็ได้)





CSMA/CA Procedure

มักพบใน Wireless LAN



CSMA/CA จะไม่มีการชนกันเกิดขึ้น
เนื่องจากพยายามหลีกเลี่ยง

CSMA/CA ใช้แผน Persistent ในการ
ส่ง Data Frame โดยจะเว้นช่วงเวลา
รอก่อนส่งข้อมูล = IFG (Interframe
Gap) และรอต่อไปอีกช่วงหนึ่ง (สุ่ม)

เมื่อสถานีส่ง Data Frame ไปแล้วจะ
จับเวลาเพื่อรอ ACK

ถ้าหากผิดพลาด (อาจเนื่องจาก
Frame หรือ ACK สูญหาย) สถานีจะ
ใช้แผนดังหลักเหมือนกับ CSMA/CD₁₃

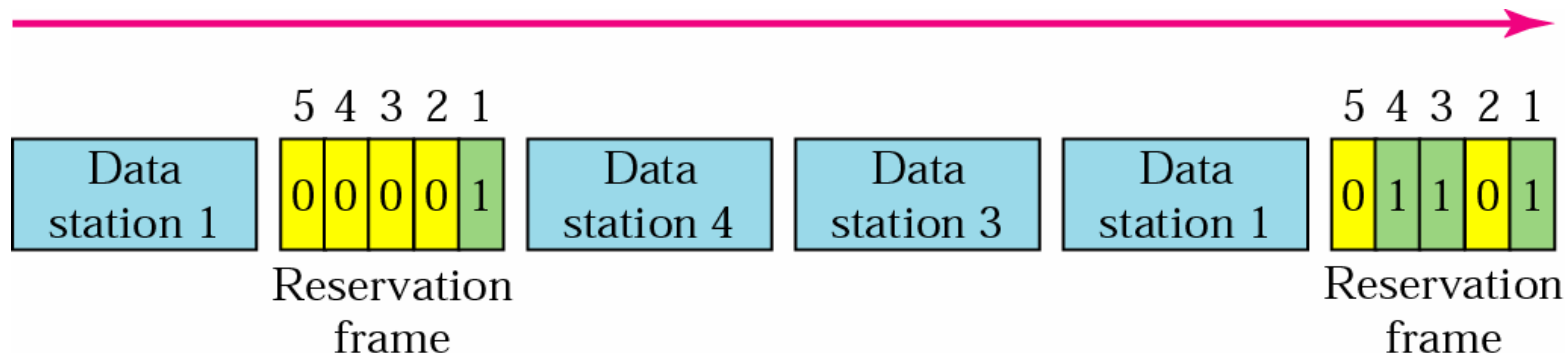
Controlled Access (I)

ในวิธีการเข้าใช้แบบ CA ทุกๆ สถานีจะต้อง ปรึกษากันเพื่อหาข้อตกลง ว่าสถานีใดมีสิทธิ์สามารถเข้าใช้ตัวกลาง (Access) – ต้องได้รับอนุมัติจากสถานีอื่นๆ ก่อน

ด้วยเหตุนี้จึงไม่เกิดการขัดแย้งในการเข้าใช้ตัวกลาง (Access Conflict) วิธีการ CA ที่นิยมประยุกต์ใช้ มี 3 วิธีหลัก ได้แก่

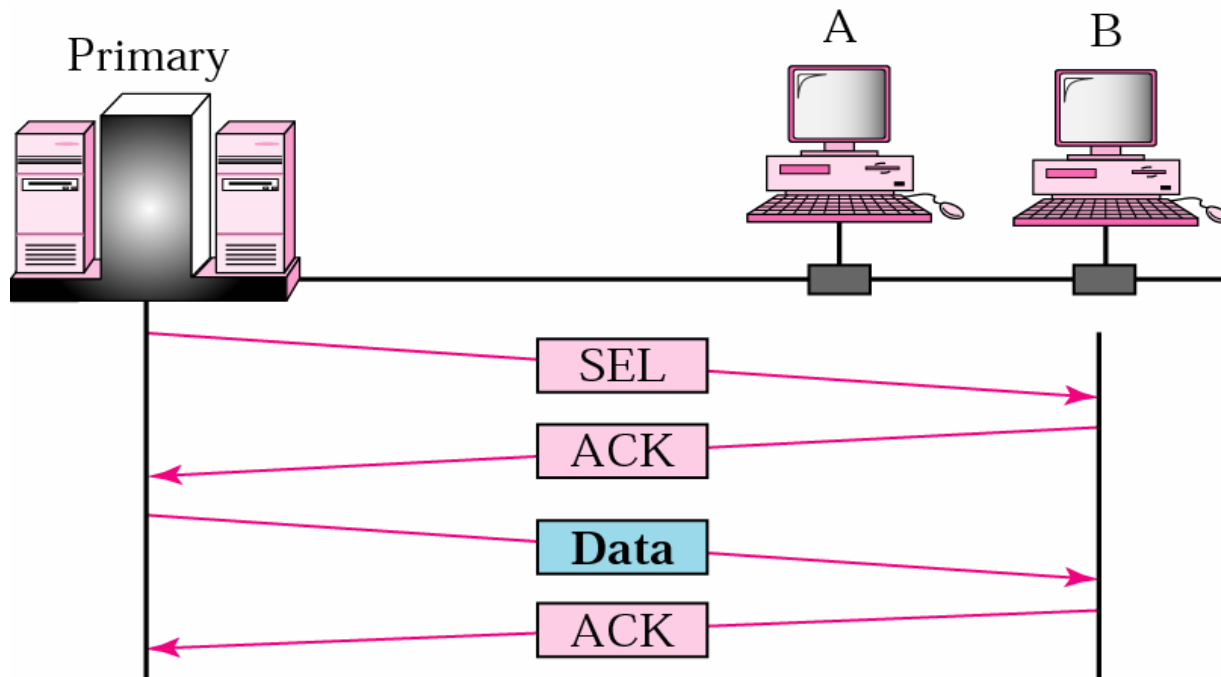
1. Reservation

แต่ละสถานีจะต้องทำการ **จอง** (Reserve) ช่องการสื่อสารก่อนทำการส่งข้อมูล ดังนั้น สถานีที่มีการจอง Time Slot เท่านั้นจึงจะสามารถส่งข้อมูลในตัวกลางได้



Controlled Access (II)

2. Polling วิธีนี้เครือข่ายต้องมีโครงสร้างสนับสนุน รูปแบบซึ่งมีสถานีหนึ่งเป็นผู้ประสานงาน (Primary Station) ทำหน้าที่ควบคุมตัวกลาง และมีสิทธิ์อนุมัติให้สถานีใดๆ เข้าใช้ตัวกลาง และสถานีที่เหลือเป็นสถานีสมาชิก (Secondary Stations) ทำหน้าที่ปฏิบัติตามคำสั่ง

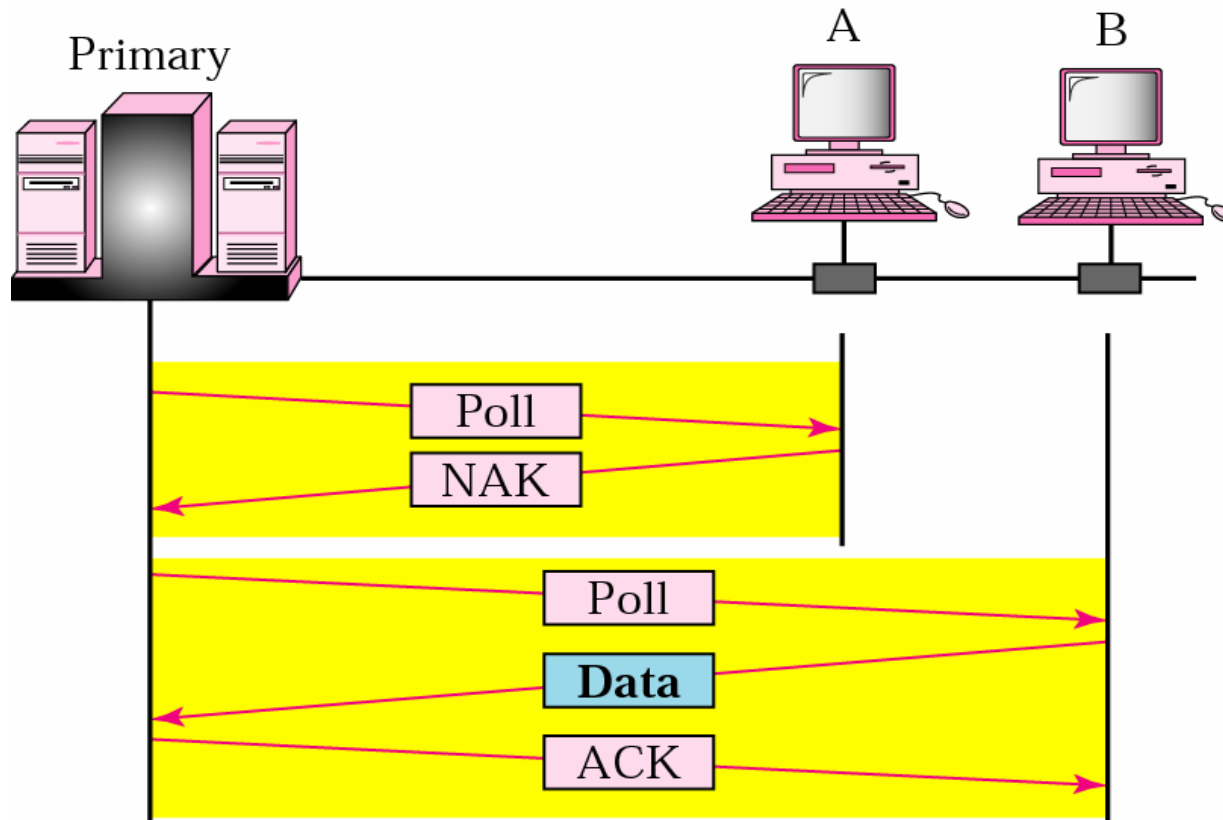


Select Mode

ในกรณีที่ Primary ต้องการส่งข้อมูลให้สถานีใด จะต้องส่งสัญญาณ SEL ไปเตือนสถานีนั่น แล้วรอ สัญญาณ ACK ก่อนจึงจะทำการส่งข้อมูลได้

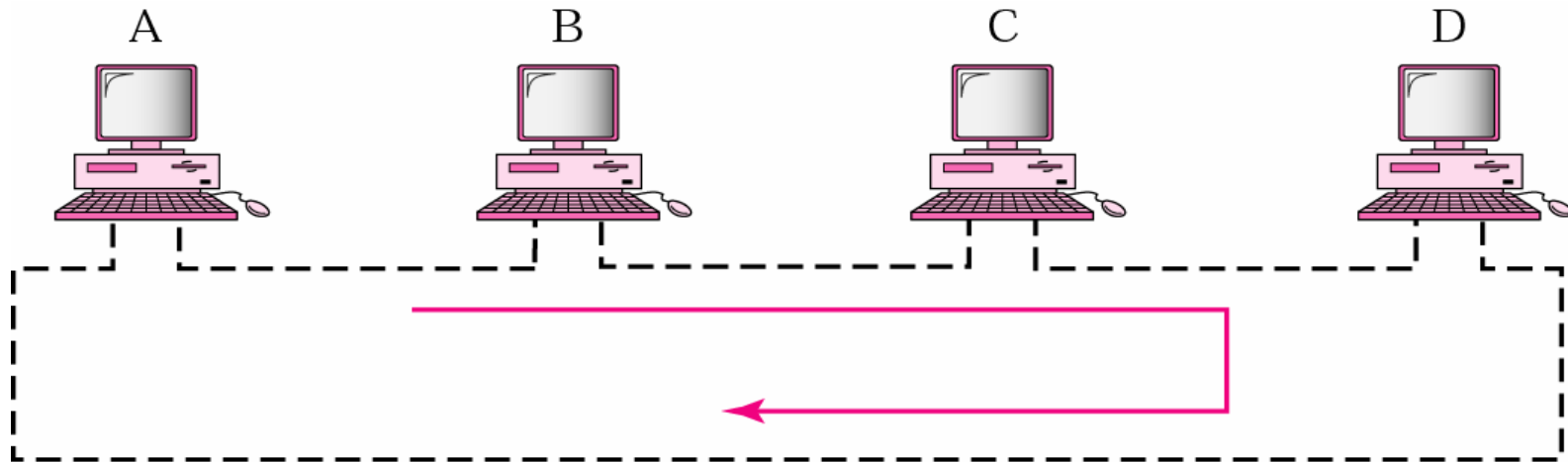
Controlled Access (III)

Poll Mode เมื่อ Primary Station พร้อมให้บริการถ่ายโอนข้อมูล จะส่งสัญญาณ Poll ไปถามแต่ละสถานีว่าต้องการจะส่งข้อมูลหรือไม่ ถ้าต้องการสถานีนั้นจะส่งข้อมูลกลับมา แล้วรอรับสัญญาณ ACK (ใบรับรอง) จาก Primary Station ดังรูป



Controlled Access (II)

3. Token Passing วิธีนี้เครือข่ายต้องมีโครงสร้างแบบ Ring (Logical หรือ Physical) โดยจะมี Packet พิเศษ (Token) วิ่งอยู่ในตัวกลาง สถานี่หนึ่งๆ จะสามารถส่งข้อมูลได้ก็ต่อเมื่อ มี Token วิ่งผ่าน ถ้าสถานี่ใดต้องการส่งข้อมูลจะยึด Token ไว้ แล้วบรรจุข้อมูลลงใน Data Frame ของ Token จนกว่าจะหมดเวลา แล้วปล่อย Token กลับ ให้วิ่งวนในตัวกลางต่อไป

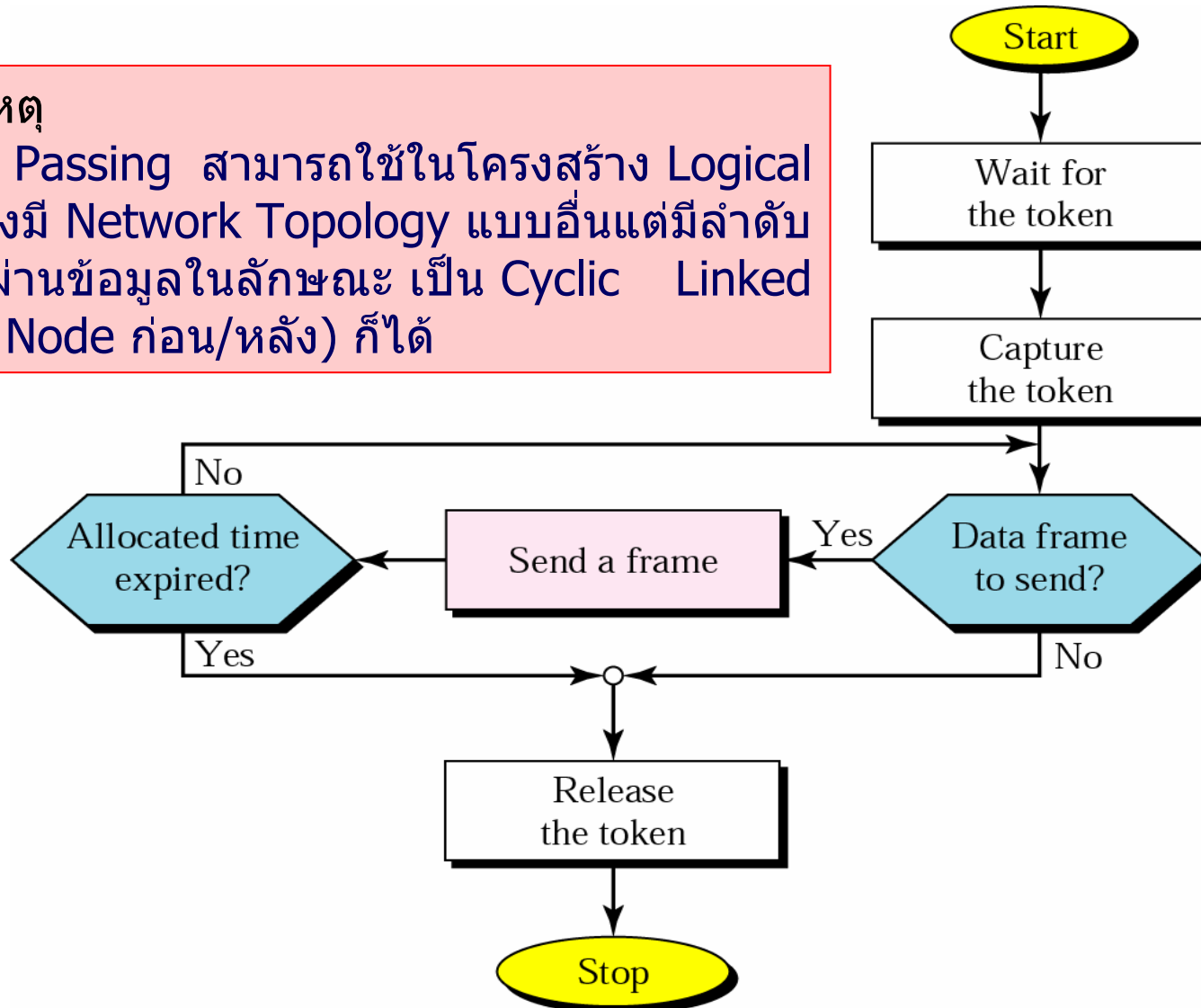


ในทางปฏิบัติอาจจะเพิ่ม Feature การจอง หรือกำหนดความสำคัญ Token ได้ 17

Token Passing Procedure

หมายเหตุ

Token Passing สามารถใช้ในโครงสร้าง Logical Ring ซึ่งมี Network Topology แบบอื่นแต่มีลำดับการส่งผ่านข้อมูลในลักษณะ เป็น Cyclic Linked List (มี Node ก่อน/หลัง) ก็ได้



Channelization

Channelization คือวิธีการ Multiple Access โดยการจัดสรรแบ่งปัน Bandwidth ของตัวกลางด้วย เวลา (Time) ความถี่ (Frequency) หรือ รหัส (Code)

- **FDMA** (Frequency Division Multiple Access)

คือการจัดสรร แถบความถี่เฉพาะ สำหรับแต่ละสถานี ซึ่งจะเป็นเจ้าของแถบความถี่นั้นตลอดไป FDMA เป็น Protocol ในชั้น Data Link และใช้ FDM ในชั้น Physical

Protocol FDMA มีใช้ในโทรศัพท์มือถือ และการสื่อสารผ่านดาวเทียม

- **TDMA** (Time Division Multiple Access)

คือการจัดสรร Time Slot เฉพาะ สำหรับแต่ละสถานี ซึ่งจะเป็นเจ้าของ Time Slot นั้นตลอดไป TDMA เป็น Protocol ในชั้น Data Link และใช้ TDM ในชั้น Physical (มีเพียงแถบความถี่เดียว)

Protocol TDMA มีใช้ในโทรศัพท์มือถือ เช่นกัน

CDMA

- **CDMA** (Code Division Multiple Access)

คือวิธีการ Multiple Access ซึ่งแตกต่างจาก FDMA ตรงที่ใช้เพียงแถบความถี่เดียว และต่างจาก TDMA ตรงที่ ทุกๆ สถานีสามารถส่งข้อมูลได้พร้อมๆ กัน

CDMA พัฒนابนพื้นฐานของทฤษฎีการเข้ารหัส โดยที่แต่ละสถานีจะได้รับการมอบหมาย (Assign) รหัส เฉพาะในรูปของอนุกรมตัวเลข เรียกว่า **Chips** ดังตัวอย่าง

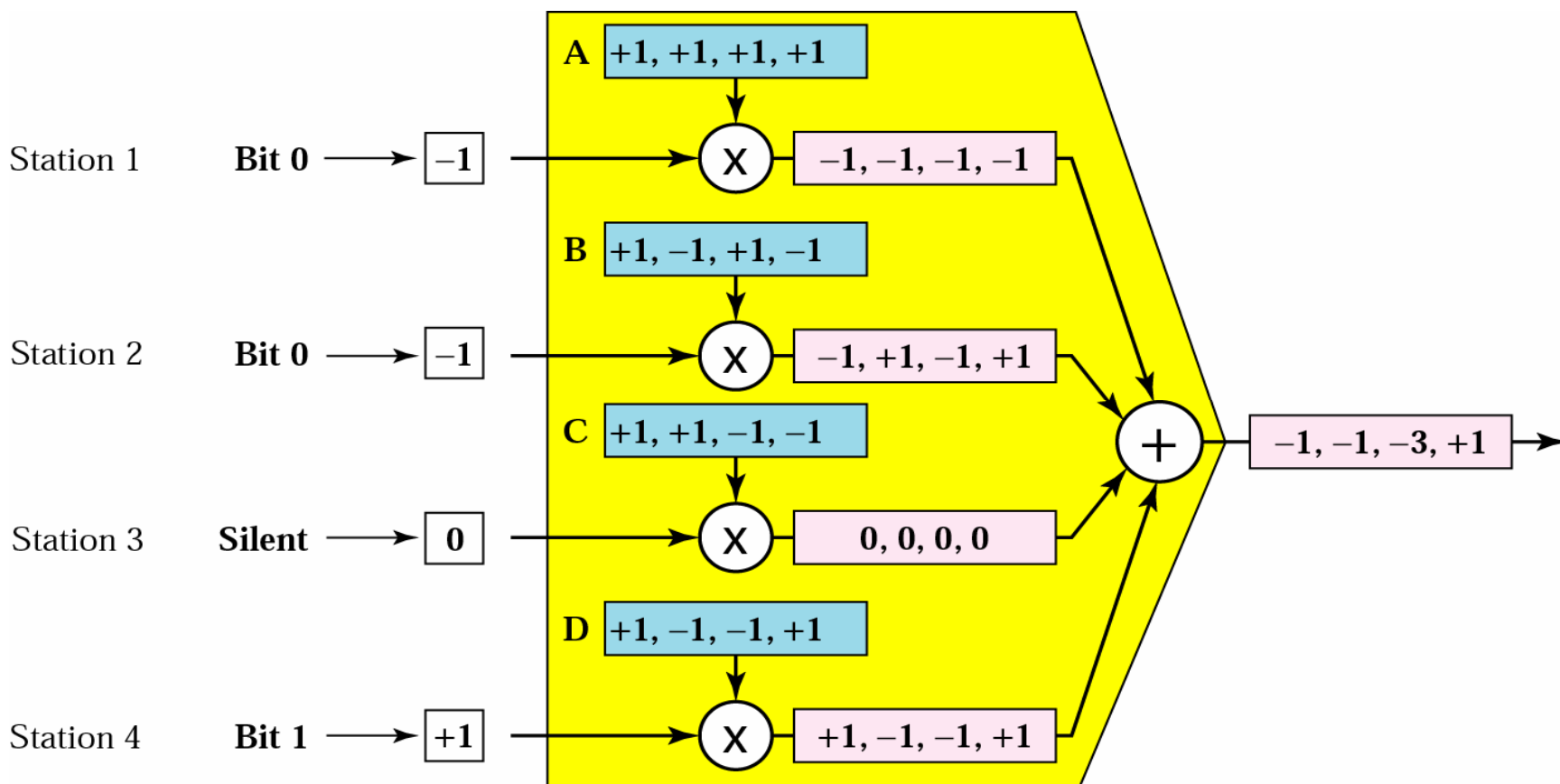
+1, +1, +1, +1	+1, -1, +1, -1	+1, +1, -1, -1	+1, -1, -1, +1
A	B	C	D

สำหรับขั้นตอนการส่งข้อมูล แต่ละสถานีจะต้องทำตามกฎการเข้ารหัสดังนี้

Data bit 0 $\longrightarrow$ -1 Data bit 1 $\longrightarrow$ +1 Silence $\longrightarrow$ 0

CDMA Multiplexer

MUX จะคูณค่า Data ที่ส่งมาด้วย Chip ของแต่ละสถานี แล้วนำผลคูณที่ได้จากทุกสถานีมา **บวกกัน** ได้เป็น sequence ใหม่ ดังรูป



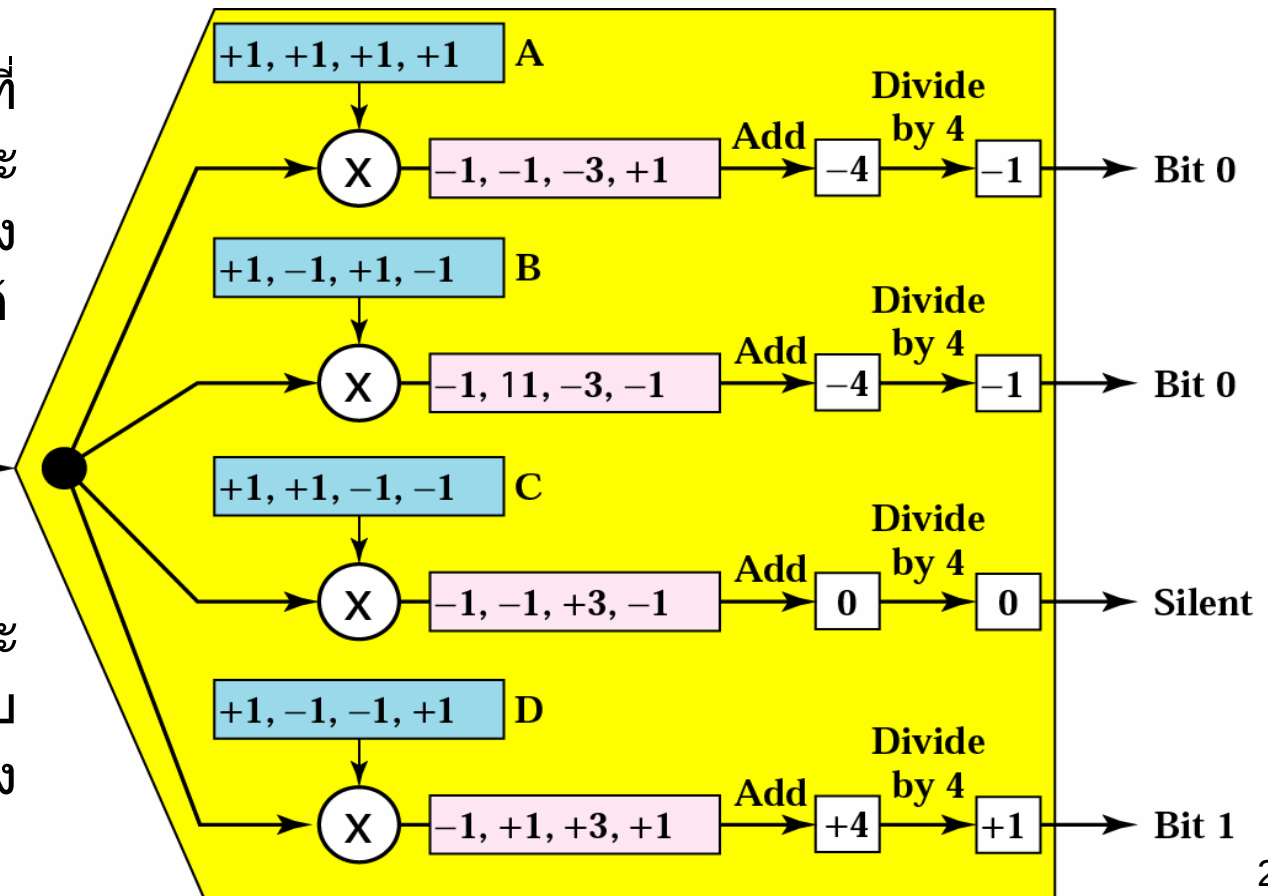
CDMA Demultiplexer

DeMUX จะคูณค่า sequence ที่รับมาได้ด้วย **Chip** ของแต่ละสถานี แล้วบวกค่าใน Chip ของแต่ละสถานีเข้าด้วยกัน ซึ่งผลลัพธ์มีค่า 0, N หรือ $-N$ (N: จำนวนสถานี)

เมื่อนำ **ผลบวก** ที่
ได้มาหารด้วย N จะ
ได้ค่าของ Data ซึ่ง
สามารถถอดรหัสได้

$-1, -1, -3, +1$

การ **ถอดรหัส** จะ
ใช้ **กฎ** เดียวกันกับ
การเข้ารหัสเพื่อส่ง
ข้อมูล





Orthogonal Sequence

- Orthogonal Code/Chip**

การเลือกอนุกรมของ Chip สำหรับแต่ละสถานีนั้นจะใช้หลักการ orthogonal vector ดังนี้ (ดูในวิดีโอ)

+1, +1, +1, +1

A

+1, -1, +1, -1

B

+1, +1, -1, -1

C

+1, -1, -1, +1

D

การสร้าง Chip Sequence ใช้ Recursion ของ Walsh Table

Walsh Table คือ Matrix จัตุรัส ซึ่งมีขนาดเท่ากับจำนวนสถานี N

Recursion Equation

เมื่อ $\overline{W} = -W$

$$W_1 = \begin{bmatrix} +1 \end{bmatrix}$$

$$W_{N+1} = \begin{bmatrix} W_N & W_N \\ W_N & \overline{W_N} \end{bmatrix}$$



Sequence Generation

- 4 – Station Sequence

$$W_1 = \begin{bmatrix} +1 \end{bmatrix}$$

$$W_2 = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$W_4 = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 \end{bmatrix}$$

คุณสมบัติของ Orthogonal Sequence

- เมื่อคูณอนุกรม Chip ด้วย -1 ผลลัพธ์เป็น Complement ของอนุกรม นั้น
- Inner Product ของอนุกรม ที่เหมือนกันจะได้ N และต่างกันจะได้ 0
- Inner Product ของอนุกรมกับ Complement ได้ $-N$ (*i.e.*, $A \cdot (-A) = -N$)



Orthogonal Code

- **Examples**

Inner Product ของ Code (Chip Sequence) เดียวกัน

$$C \cdot C = [+1, +1, -1, -1] \cdot [+1, +1, -1, -1] = 1 + 1 + 1 + 1 = 4$$

Inner Product ของ Code คนละตัวกัน

$$B \cdot C = [+1, -1, +1, -1] \cdot [+1, +1, -1, -1] = 1 - 1 - 1 + 1 = 0$$

Inner Product ของ Code และ Complement ของ Code เดียวกัน

$$C \cdot (-C) = [+1, +1, -1, -1] \cdot [-1, -1, +1, +1] = -1 - 1 - 1 - 1 = -4$$

Inner Product ของ Code และ Complement ของ Code คนละตัว

$$B \cdot (-C) = [+1, -1, +1, -1] \cdot [-1, -1, +1, +1] = -1 + 1 + 1 - 1 = 0$$



Practical Example

- **Multiplexer**

สมมติ A ส่ง -1 (data 0) B ส่ง -1 (data 0) C ส่ง 0 (ไม่ส่ง data) และ D ส่ง 1 (data 1)

$$S = -A - B + D$$

- **De-Multiplexer**

จากคุณสมบัติของ Orthogonal Code สามารถถอดรหัสสัญญาณที่ด้านรับได้ดังนี้

สถานี A หา inner product $S \cdot A = (-A - B + D) \cdot A = -4 \rightarrow \text{data 0}$

สถานี B หา inner product $S \cdot B = (-A - B + D) \cdot B = -4 \rightarrow \text{data 0}$

สถานี A หา inner product $S \cdot C = (-A - B + D) \cdot C = 0 \rightarrow \text{no data}$

สถานี B หา inner product $S \cdot D = (-A - B + D) \cdot D = 4 \rightarrow \text{data 1}$



Conclusions

- **Random Access**
 - Multiple Access (MA)
 - Carrier Sense Multiple Access (CSMA)
 - CSMA/CD and CSMA/CA
- **Controlled Access**
 - Reservation
 - Polling
 - Token Passing
- **Channelization**
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA