1. แผนผังเครือข่ายและภาพรวม (Network Topology & Overview)

โครงสร้างเครือข่ายนี้ประกอบด้วยเราเตอร์หลัก (**NET_1_R1**) ทำหน้าที่เชื่อมต่อเครือข่ายย่อย (Subnet) สองฝั่งเข้าด้วยกันผ่านพอร์ต GigabitEthernet ดังนี้:

- **พอร์ต G0/0/0:** เชื่อมต่อกับเครือข่ายผู้ใช้งานหลัก (Main User LAN หรือ LAN-A / IPv6 Subnet 1) ประกอบด้วย PC1, PC2, PC3, PC4 และ PC5
- **พอร์ต G0/0/1:** เชื่อมต่อกับเครือข่ายฝ่ายบริหาร (Administration LAN หรือ LAN-B / IPv6 Subnet 2) ประกอบด้วย Admin1 และ Admin2

2. ขั้นตอนที่ 1: การแบ่ง Subnet ด้วยวิธี IPv4 VLSM

จากการคำนวณด้วยวิธี Variable Length Subnet Masking (VLSM) โดยใช้ช่วง IP ที่ได้รับมอบหมายคือ **192.168.1.0/24** เราทำการจัดเรียงขนาดของเครือข่ายย่อยจากมากไปน้อย เพื่อให้ใช้พื้นที่ IP ได้อย่างคุ้มค่าที่สุดดังนี้:

ตารางการจัดสรร IPv4 Subnet

ชื่อเครือข่าย	จำนวน Host ที่ต้องการ	Subnet Mask (Prefix)	Network Address	ช่วง IP ที่ใช้งานได้ (Usable Host Range)	Broadcast Address
LAN-A	60	255.255.255.192 (/26)	192.168.1.0	192.168.1.1 – 192.168.1.62	192.168.1.63
LAN-B	25	255.255.255.224 (/27)	192.168.1.64	192.168.1.65 – 192.168.1.94	192.168.1.95
LAN-C	20	255.255.255.224 (/27)	192.168.1.96	192.168.1.97 – 192.168.1.126	192.168.1.127

LAN -D	12	255.255.255.240 (/28)	192.168.1.128	192.168.1.129 – 192.168.1.142	192.168.1.143
LAN -E	12	255.255.255.240 (/28)	192.168.1.144	192.168.1.145 – 192.168.1.158	192.168.1.159
Link -1	2	255.255.255.252 (/30)	192.168.1.160	192.168.1.161 – 192.168.1.162	192.168.1.163
Link -2	2	255.255.255.252 (/30)	192.168.1.164	192.168.1.165 – 192.168.1.166	192.168.1.167
Link -3	2	255.255.255.252 (/30)	192.168.1.168	192.168.1.169 – 192.168.1.170	192.168.1.171
Link -4	2	255.255.255.252 (/30)	192.168.1.172	192.168.1.173 – 192.168.1.174	192.168.1.175

หมายเหตุ*: ช่วง IP ตั้งแต่ 192.168.1.176 ถึง 192.168.1.255* จะยังคงว่างอยู่ *(Unassigned)* และสามารถนำไปใช้ขยายเครือข่ายในอนาคตได้

3. ขั้นตอนที่ 2 & 6: การตั้งค่าเราเตอร์ (`NET_1_R1`)

ชุดคำสั่ง Cisco IOS ต่อไปนี้ ใช้สำหรับการเปิดใช้งาน IPv6 Routing และกำหนด IPv6 ทั้งแบบ GUA และ Link-Local ให้กับพอร์ตอินเตอร์เฟสทั้งสองฝั่ง

```
None
!
Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# hostname NET_1_R1
!
! เปิดใช้งาน IPv6 Routing ทั่วทั้งระบบเราเตอร์
NET_1_R1(config)# ipv6 unicast-routing
!
! ตั้งค่าพอร์ต GigabitEthernet0/0/0 (Gateway ฝั่ง LAN-A)
NET_1_R1(config)# interface GigabitEthernet0/0/0
NET_1_R1(config-if)# description Connection to Main User LAN
NET_1_R1(config-if)# ipv6 address fe80::1 link-local
NET_1_R1(config-if)# ipv6 address 2001:abcd:1234:1::1/64
NET_1_R1(config-if)# no shutdown
NET_1_R1(config-if)# exit
!
! ตั้งค่าพอร์ต GigabitEthernet0/0/1 (Gateway ฝั่ง Admin LAN)
NET_1_R1(config)# interface GigabitEthernet0/0/1
NET_1_R1(config-if)# description Connection to Admin LAN
NET_1_R1(config-if)# ipv6 address fe80::1 link-local
NET_1_R1(config-if)# ipv6 address 2001:abcd:1234:2::1/64
NET_1_R1(config-if)# no shutdown
NET_1_R1(config-if)# exit
!
NET_1_R1(config)# end
NET_1_R1# copy running-config startup-config
```

4. ขั้นตอนที่ 3 & 6: ตารางกำหนดหมายเลข IP ของเครื่องปลายทาง (IPv6)

ชื่ออุปกรณ์	พอร์ตที่เชื่อมต่อ	IPv6 Global Unicast Address (GUA)	IPv6 Link-Local Address	Default Gateway
NET_1_R1	G0/0/0	2001:ABCD:1234:1::1/64	FE80::1	ไม่มี *(เป็น Gateway)*
NET_1_R1	G0/0/1	2001:ABCD:1234:2::1/64	FE80::1	ไม่มี *(เป็น Gateway)*
PC1	LAN-A	2001:ABCD:1234:1::15/64	FE80::15	2001:ABCD:1234:1::1
PC2	LAN-A	2001:ABCD:1234:1::16/64	FE80::16	2001:ABCD:1234:1::1
PC3	LAN-A	2001:ABCD:1234:1::17/64	FE80::17	2001:ABCD:1234:1::1

PC4	LAN-A	2001:ABCD:1234:1::18/64	FE80::18	2001:ABCD:1234:1::1
PC5	LAN-A	2001:ABCD:1234:1::19/64	FE80::19	2001:ABCD:1234:1::1
Admin1	LAN-B	2001:ABCD:1234:2::15/64	FE80::15	2001:ABCD:1234:2::1
Admin2	LAN-B	2001:ABCD:1234:2::16/64	FE80::16	2001:ABCD:1234:2::1

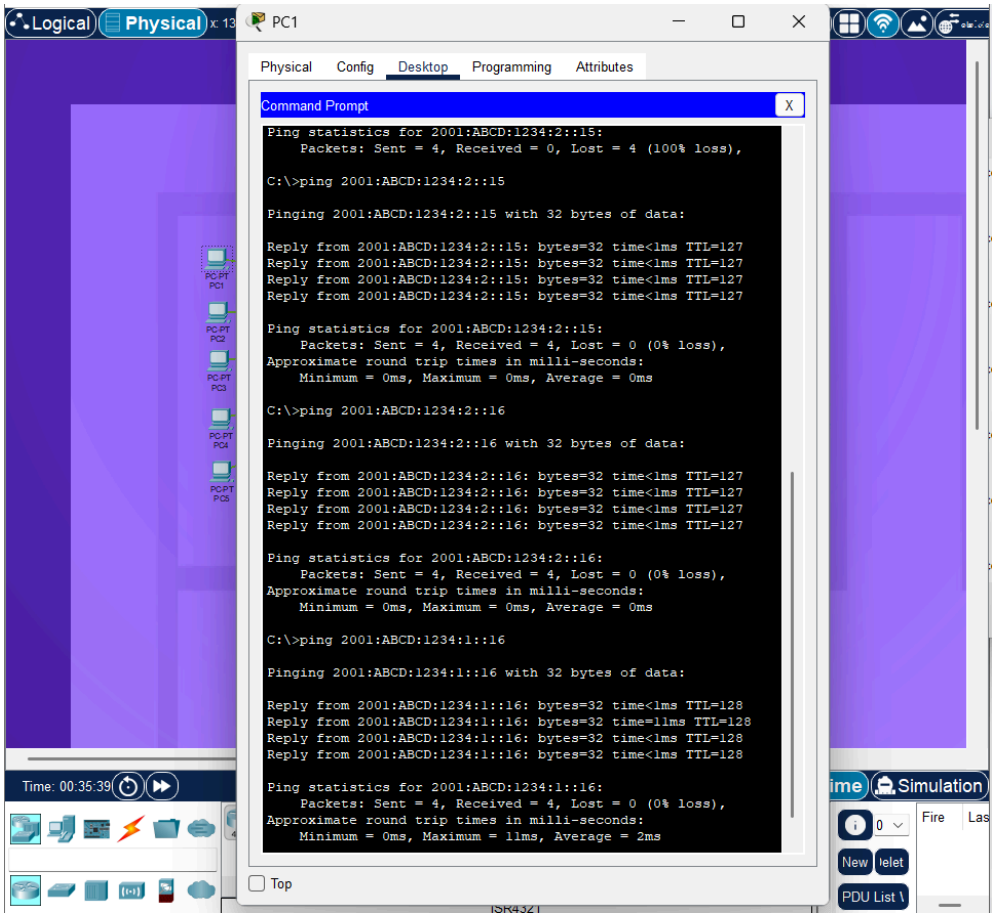
5. ขั้นตอนที่ 4 & 5: การตรวจสอบเส้นทางและการเชื่อมต่อ

ผลลัพธ์ตารางเส้นทาง IPv6 (IPv6 Routing Table - show ipv6 route)

```
NET_1_R1#show ipv6 route
IPv6 Routing Table - 5 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
       U - Per-user Static route, M - MIPv6
       I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary
       ND - ND Default, NDp - ND Prefix, DCE - Destination, NDr - Redirect
       O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
       ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
       D - EIGRP, EX - EIGRP external
C   2001:ABCD:1234:1::/64 [0/0]
     via GigabitEthernet0/0/0, directly connected
L   2001:ABCD:1234:1::1/128 [0/0]
     via GigabitEthernet0/0/0, receive
C   2001:ABCD:1234:2::/64 [0/0]
     via GigabitEthernet0/0/1, directly connected
L   2001:ABCD:1234:2::1/128 [0/0]
     via GigabitEthernet0/0/1, receive
L   FF00::/8 [0/0]
     via Null0, receive
```

การตรวจสอบความเชื่อมต่อระหว่างโฮสต์ (ผลลัพธ์การทดสอบ Ping)

อุปกรณ์ทุกชิ้นสามารถรับส่งข้อมูลและตอบสนองต่อคำสั่ง ICMPv6 ข้ามเครือข่ายย่อยผ่านเราเตอร์ NET_1_R1 ได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์



7. ขั้นตอนที่ 7: อธิบายแนวคิดทางเทคนิค (สำหรับเนื้อหาในสไลด์)

Subnet Mask ของ IPv4 และการตรวจสอบเครือข่ายย่อย

- **บทบาทของ Subnet Mask:** ทำหน้าที่แบ่งแยกส่วนที่เป็น **เครือข่าย (Network ID)** ออกจากส่วนที่เป็น **เครื่องปลายทาง (Host ID)** บนหมายเลข IPv4 โดยเลขฐานสองที่เป็น 1 จะบอกขอบเขตของ Network และเลข 0 จะบอกพื้นที่ของ Host
- **การระบุว่าโฮสต์อยู่เครือข่ายใด:** อุปกรณ์จะนำ IP Address ของตัวเองมาทำกระบวนการทางตรรกศาสตร์ที่เรียกว่า **AND (แบบบิตต่อบิต)** คู่กับ Subnet Mask หากผลลัพธ์ที่ได้ (Network ID) ตรงกัน แสดงว่าอุปกรณ์เหล่านั้นอยู่ในเครือข่ายเดียวกันและคุยกันได้โดยไม่ต้องผ่าน Gateway

รูปแบบการส่งข้อมูลในเครือข่าย (Transmission Types)

- **Unicast:** การส่งข้อมูลแบบ "หนึ่งต่อหนึ่ง" (One-to-One) จากต้นทางเครื่องเดียวไปยังปลายทางเป้าหมายเครื่องเดียวโดยตรง
- **Multicast:** การส่งข้อมูลแบบ "หนึ่งต่อเฉพาะกลุ่ม" (One-to-Many) ข้อมูลจะถูกส่งไปยังกลุ่มของอุปกรณ์ที่ได้ลงทะเบียนหรือเปิดรับ IP Multicast นั้น ๆ ไว้เท่านั้น
- **Broadcast:** การส่งข้อมูลแบบ "หนึ่งถึงทุกคน" (One-to-All) ข้อมูลจะถูกส่งกระจายไปยังทุกคนที่อยู่ใน Subnet นั้น ๆ (มีเฉพาะใน IPv4 ส่วนใน IPv6 จะถูกตัดออกและแทนที่ด้วย Multicast เพื่อลดภาระของเครือข่าย)

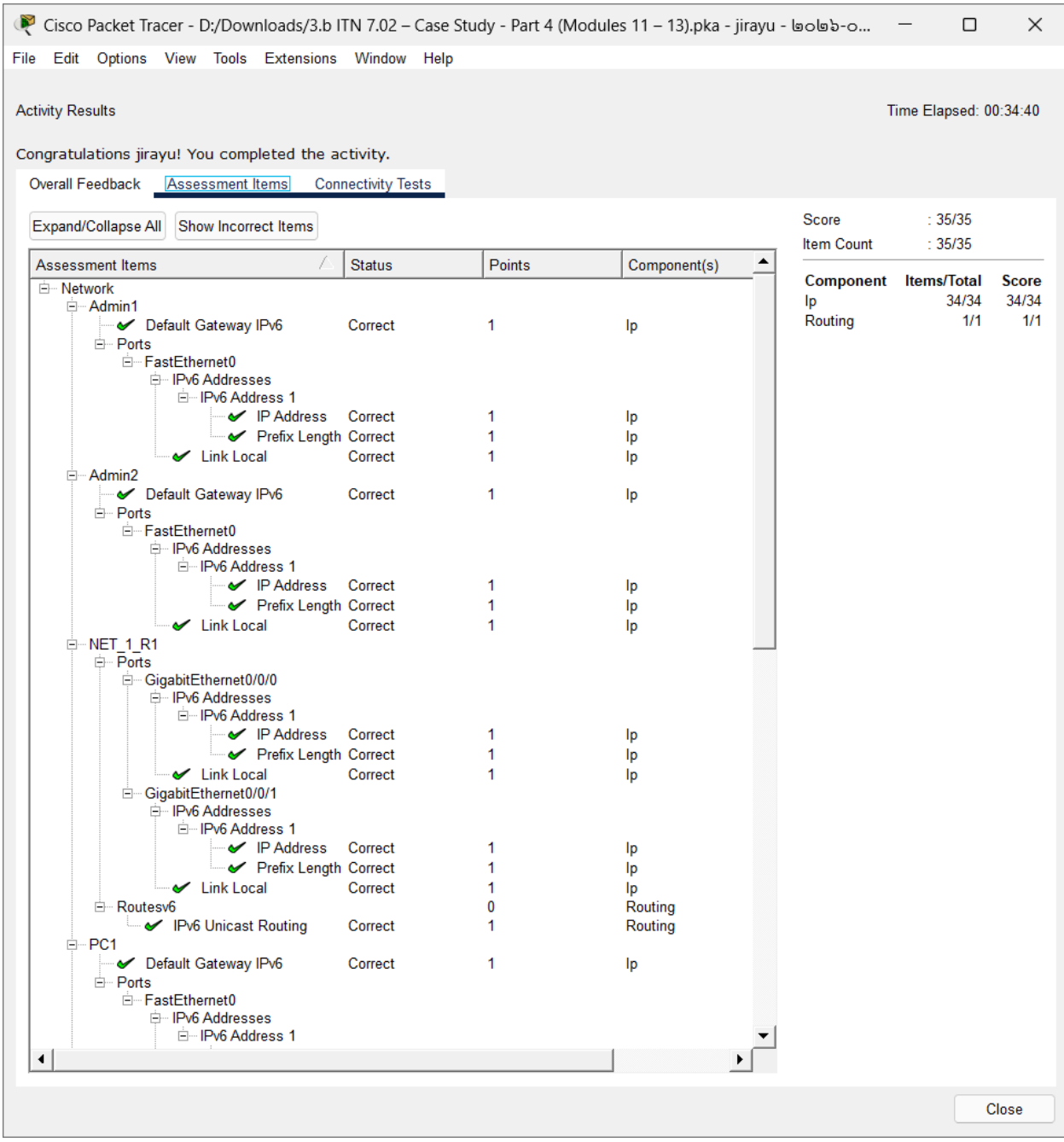
ทำไมโลกเราจึงจำเป็นต้องใช้ IPv6

เนื่องจากจำนวน IP ในระบบ IPv4 เกิดภาวะขาดแคลนและหมดลง (IPv4 Exhaustion) จากการขยายตัวอย่างก้าวกระโดดของสมาร์ทโฟน อุปกรณ์ IoT และผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตทั่วโลก โดย IPv4 มีพื้นที่จัดเก็บเพียงราว ๆ 4.3×10^9 หมายเลข ในขณะที่ IPv6 ขยายโครงสร้างเป็นแบบ 128 บิต ทำให้มีจำนวนหมายเลขสูงถึง 3.4×10^{38} หมายเลข ซึ่งรองรับความต้องการได้ในระยะยาวอย่างไร้ขีดจำกัด

ความแตกต่างของประเภท IPv6 และโครงสร้าง GUA

- **Global Unicast Address (GUA):** คือ IP สาธารณะที่สามารถวิ่งรับส่งข้อมูล (Routing) บนอินเทอร์เน็ตทั่วโลกได้ เปรียบเสมือน Public IPv4 โดย GUAs มักจะเริ่มต้นด้วยเลขฐานสอง 001 (หรือขึ้นต้นด้วย 2000::/3)
- **Link-Local Address (LLA):** คือ IP ที่ใช้สื่อสารเฉพาะภายในวงเครือข่ายท้องถิ่น (Local Link) เดียวกันเท่านั้น ไม่สามารถวิ่งข้ามเราเตอร์ออกสู่อินเทอร์เน็ตภายนอกได้ ทุกๆ พอร์ตของ IPv6 จำเป็นต้องมี LLA เสมอ (เริ่มต้นด้วย FE80::/10) เพื่อใช้ทำกระบวนการ Neighbor Discovery และกระบวนการของ Routing Protocol
- **โครงสร้างของ GUA:**
    - **Global Routing Prefix (ทั่วไปคือ /48):** ส่วนที่ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (ISP) แจกจ่ายมาให้องค์กร เป็นตัวบอกเส้นทางในระดับสากล
    - **Subnet ID (ทั่วไปคือ 16 บิต):** ส่วนที่วิศวกรระบบในองค์กรนำมาแบ่งเป็นวงแลนย่อย ๆ หรือแบ่งแยกแผนก (VLANs)
    - **Interface ID (64 บิต):** ส่วนที่ระบุตัวตนของอุปกรณ์เครื่องนั้น ๆ บนเครือข่าย (เปรียบเสมือน Host ID)

การตรวจสอบเครือข่าย: PING แตกต่างจาก TRACERT อย่างไร

- **การทำงานของ PING:** ทำงานบนโปรโตคอล **ICMP** (หรือ ICMPv6) โดยจะส่งแพ็กเก็ต *Echo Request* ไปยังปลายทาง และรอการตอบกลับมาเป็น *Echo Reply* เพื่อตรวจสอบแบบเร็ว ๆ ว่าอุปกรณ์ปลายทางเปิดใช้งานอยู่หรือไม่ พร้อมคำนวณระยะเวลาเดินทางไปกลับ (Round-Trip Time)

- **เมื่อไหร่ควรใช้คำสั่งไหน:**
    - ใช้ **PING** เมื่อต้องการตรวจสอบสถานะอย่างรวดเร็วว่า ปลายทางออนไลน์อยู่หรือไม่ หรือระบบเครือข่ายหลุดแบบเฉียบพลันหรือไม่
    - ใช้ **TRACERT** เมื่อคำสั่ง Ping ล้มเหลว หรือเน็ตเวิร์กเกิดอาการหน่วง/ช้า คำสั่งนี้จะทำการส่งแพ็กเก็ตโดยค่อย ๆ เพิ่มค่า **Time-To-Live (TTL)** เพื่อบังคับให้เราเตอร์แต่ละตัว (Hop) ระหว่างทางส่งข้อความ Time Exceeded กลับมา ทำให้เราสามารถตรวจสอบและรู้พิกัดได้ทันทีว่าเครือข่ายไปมีปัญหา คอขวด หรือเกิด Routing Loop อยู่ที่ตำแหน่งหรือเราเตอร์ตัวใด