

# การวางแผนเครือข่าย SDH

พงษ์ศักดิ์ สุสัมพันธ์โพบูลย์.

## 1) แนวคิดเบื้องต้นของเครือข่าย SDH

### 1.1 ประโยชน์ของ SDH

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) เป็นมาตรฐานสากลของเครือข่ายสื่อสัญญาณความเร็วสูง เป็นเครือข่ายที่มีความทันสมัยมากในการสื่อสัญญาณและการบริหารจัดการเครือข่ายเทคโนโลยีของ SDH ช่วยให้ network operator สามารถตอบสนองความต้องการใช้ capacity ของช่องสัญญาณของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว เครือข่าย SDH สามารถถูกออกแบบสร้างให้มีความสามารถในการฟื้นตัวเองได้อย่างอัตโนมัติในกรณีที่มีปัญหาขัดข้องเกิดขึ้นกับเครือข่าย ทำให้เครือข่ายมีความสามารถในการใช้การได้ (availability) ที่สูงขึ้น การจัดโครงสร้างการมัลติเพล็กซ์ของสัญญาณ SDH ได้ช่วยให้สามารถต่อไขว้ (cross-connect) ของสัญญาณ low-order ที่อยู่ภายในช่อง-

สัญญาณ high-order ได้โดยไม่จำเป็นต้องมีลติเพล็กซ์สัญญาณทั้งหมดออกก่อน ซึ่งเป็นข้อดีที่สำคัญประการหนึ่งของ SDH เมื่อเทียบกับ PDH

ประโยชน์หลักๆ ที่สำคัญของเครือข่าย SDH คือ

- SDH เป็นมาตรฐานนานาชาติที่ใช้ร่วมกัน

- อุปกรณ์ที่ต้องการใช้น้อยกว่า

- มีความคล่องตัว (flexibility)

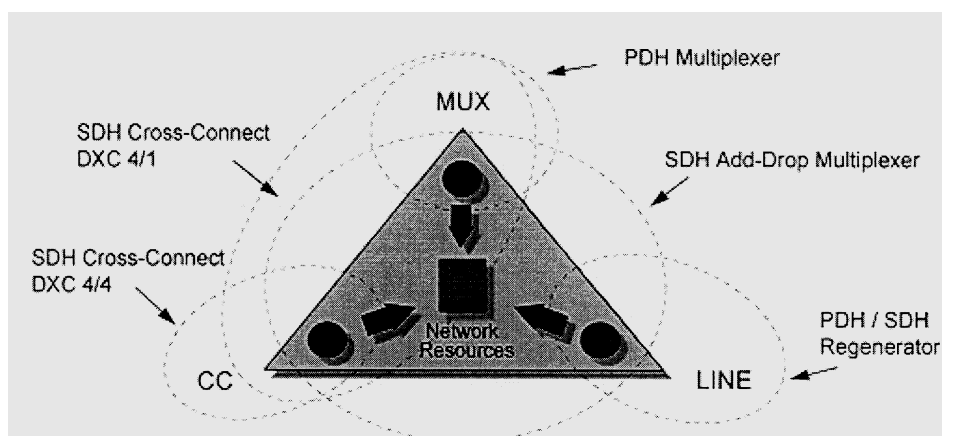
ของเครือข่ายสูง

- เครือข่ายมีความสามารถในการใช้การได้ (availability) ที่สูง

- มีการบริหารจัดการเครือข่ายที่ดี

- อุปกรณ์จากผู้ขายคนละรายสามารถทำงานเข้ากันได้ (compatibility)

การนำเทคโนโลยี SDH เข้ามาใช้ ได้ทำให้โครงสร้างเครือข่ายที่แต่เดิมใช้ PDH เปลี่ยนแปลงจากระบบ point-to-



รูปที่ 1 : ฟังก์ชันพื้นฐานที่ต้องมีใน transport network

point ที่ดูง่าย ไปเป็นเครือข่ายที่มีการเชื่อมโยง nodes เป็น ring หรือ mesh ซึ่งให้ความคล่องตัวมากกว่า สามารถควบคุมการสวิตช์ cross-connect ได้จากระยะไกล ระบบบริหารจัดการเครือข่าย (Network Management System (NMS)) จะช่วยให้สามารถควบคุมดูแลและจัดการเครือข่ายได้จากระยะไกลได้เป็นอย่างดี SDH ได้ทำให้เกิดแนวทางในการสร้างเครือข่ายใหม่ขึ้นมาคือ

- การใช้เครือข่ายแบบ ring และความสามารถของระบบเส้นใยนำแสงช่วยให้สามารถได้รับเครือข่ายที่มีความคล่องตัว, มีประสิทธิภาพ และคุ้มกับการลงทุน

- สามารถวางเครือข่าย SDH ลงบนโครงสร้างเครือข่ายที่มีอยู่แล้ว ได้อย่างเหมาะสม

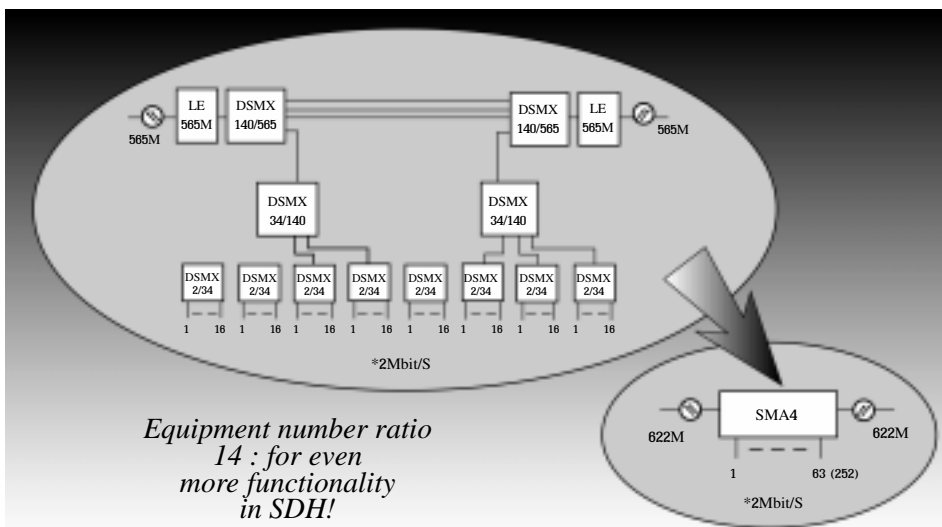
- เครือข่าย SDH สามารถถูกปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับความต้องการใช้งานเครือข่ายได้ง่าย

- ระบบบริหารจัดการเครือข่ายจะช่วยให้ network operator สามารถควบคุมและซ่อมบำรุงรักษาเครือข่ายได้สะดวกและง่ายขึ้น

## 1.2 อุปกรณ์ SDH

อุปกรณ์ SDH สามารถทำฟังก์ชันต่างๆ ได้มากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่อง traffic protection ทำให้สามารถนำมาใช้กับเครือข่ายได้ทั้งแบบ point-to-point, chain หรือ ring ฟังก์ชันพื้นฐานที่ต้องมีในเครือข่าย SDH (รูปที่ 1) ประกอบด้วย การมัลติเพล็กซ์ (multiplexing), การต่อไขว้สัญญาณ (cross-connecting) และการอินเตอร์เฟสกับสายส่ง/การสื่อสารสัญญาณ (line interfacing/transmission)

หากจะเทียบกับอุปกรณ์ PDH แล้ว อุปกรณ์ network element ของ SDH นั้น จะมีการรวมฟังก์ชันพื้นฐานหลายฟังก์ชันเข้าไปในอุปกรณ์ network



รูปที่ 2 : ฟังก์ชันของ Add-drop multiplexer (ADM)

element ตัวเดียวกันได้ ขณะที่ของ PDH ไม่มี (รูปที่ 1) ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ add-drop multiplexer (ADM) จะประกอบด้วยฟังก์ชันการมัลติเพล็กซ์, cross-connect และ (optical) line interface

อุปกรณ์ network element ของ SDH จะมีอยู่ 3 แบบหลักๆ ด้วยกันคือ add-drop multiplexer (ADM), digital cross connect (DXC) และ regenerator (REG)

### 1.2.1 Add-drop multiplexer (ADM)

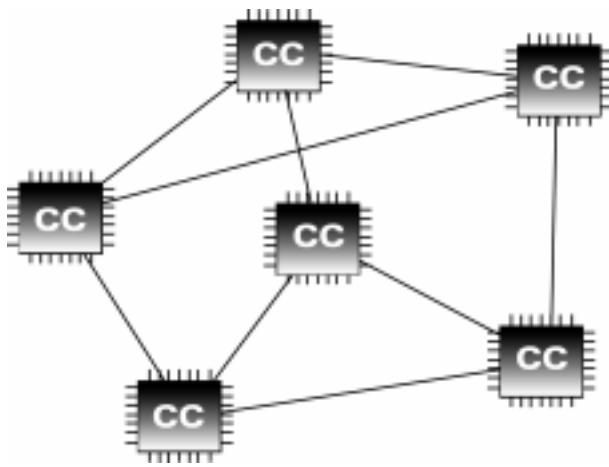
การจัดโครงสร้างการมัลติเพล็กซ์ของ SDH ได้ช่วยให้สามารถต่อไขว้ (cross-connect) สัญญาณระดับ low-order ที่บรรจุอยู่ในสัญญาณระดับ high-order ได้ โดยไม่ต้องดีมัลติเพล็กซ์สัญญาณทั้งหมดออกก่อน (รูปที่ 2) ซึ่งเป็นข้อดีของ SDH เมื่อเทียบกับ PDH อุปกรณ์ add-drop multiplexer ได้ใช้ประโยชน์จากข้อดีดังกล่าวนี้ โดยสามารถดึงช่องสัญญาณที่ต้องการออก (drop), เพิ่มช่องสัญญาณใหม่เข้าไป (add) หรือทำการต่อไขว้ช่องสัญญาณ (cross-connect) ซึ่งสามารถทำฟังก์ชันทั้งหมดนี้ภายในอุปกรณ์ตัวเดียวกันได้ ทำให้เหมาะที่จะใช้ในโครงสร้างเครือข่ายที่เป็นแบบ chain หรือแบบ ring การใช้โครงสร้างแบบ ring จะทำให้-

เครือข่ายมี availability ที่สูง เพราะสามารถส่งทราฟฟิกใน 2 ทิศทางโดยรอบ ring ทำให้สามารถ protection ทราฟฟิกได้หลายรูปแบบ โดยการใช้ route diversity นี้

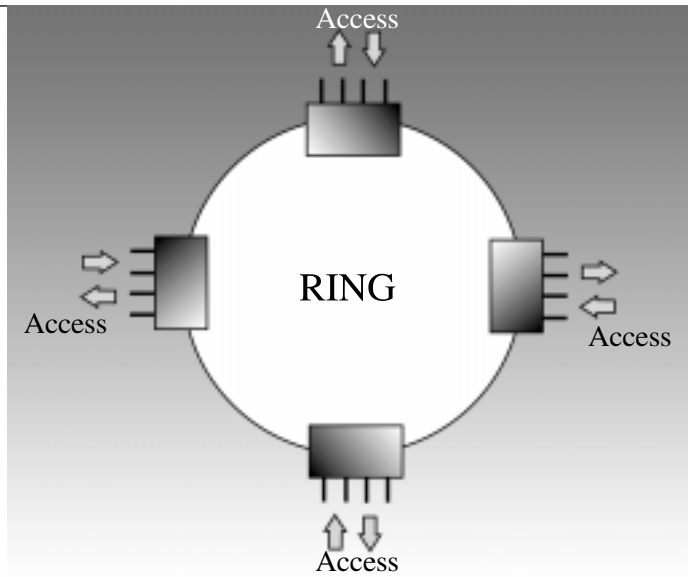
ระดับความสามารถในการ cross-connect ของอุปกรณ์ ADM จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์แต่ละรุ่นที่ผลิตออกมา บางรุ่นสามารถ cross-connect ได้เฉพาะระดับ VC-4 เพราะต้องการนำมาใช้งานในส่วนหนึ่งของ core network ขณะที่บางรุ่นสามารถ cross-connect ได้จาก VC-12 ถึง VC-4 ทำให้เหมาะที่จะนำมาใช้งานในส่วนหนึ่งของ access network

### 1.2.2 อุปกรณ์ Digital Cross-connect (DXC)

อุปกรณ์ digital cross-connect (DXC) มี 2 แบบ คือ DXC-4/1 (สามารถต่อไขว้สัญญาณลงมาจนถึงระดับ VC-11 (1.5 Mb/s) หรือ VC-12 (2 Mb/s) และ DXC-4/4 (สามารถต่อไขว้สัญญาณระดับ VC-4 (155 Mb/s, 140 Mb/s) ได้เท่านั้น) อุปกรณ์ DXC ของ SDH นี้ จะเข้ามาแทนที่การใช้ manual distribution frame และอุปกรณ์ multiplexer จำนวนมากที่มีการใช้อยู่ในเครือข่าย PDH อุปกรณ์ DXC สามารถทำฟังก์ชัน เช่น Grooming (เช่น



รูปที่ 3 :เครือข่าย SDH แบบ Mesh ที่ใช้อุปกรณ์ cross-connect (CC)



รูปที่ 4 : ระบบ SDH ring ที่ใช้อุปกรณ์ ADM

เชื่อมโยง VC-12 ที่มาจากหลาย VC-4 path ให้วิ่งเข้าหา VC-4 path ปลายทางชุดเดียวกัน) และ Consolidation (เช่น จัดรวม VC-12 ที่อยู่ในหลาย VC-4 path ที่ทราบพิถายังวิ่งไม่เต็ม เพื่อลดจำนวน VC-4 path ให้น้อยลง) รวมทั้งสามารถรองรับวิธีการ protection แบบต่างๆ ได้ เช่น multiplex section protection, path protection และการฟื้นตัวของเครือข่ายแบบไดนามิก (จัดเส้นทางใหม่ หรือ re-routing)

### 1.2.3 Regenerator (REG)

Regenerator (REG) นี้ จะใช้ในกรณีที่ระยะทางของการส่งสัญญาณ STM-N ระหว่างอุปกรณ์ network element อยู่ไกลกันมาก ทำให้ความแรงหรือคุณภาพสัญญาณที่ได้รับไม่เพียงพอ จึงต้องแทรก regenerator เข้ามาคั่นระหว่างทางเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวนี้

## 1.3 สถาปัตยกรรมเครือข่าย SDH

ในส่วนนี้ จะพิจารณาแนวความคิดและหลักการเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างเครือข่าย SDH และอธิบายถึงแนวความคิดของสถาปัตยกรรมเครือข่าย SDH โดยทั่วไป มาตรฐาน SDH ถูกกำหนดเพื่อจุดมุ่งหมายที่จะให้ได้รับ

ความสามารถเครือข่ายที่มากขึ้นและมีสถาปัตยกรรมเครือข่ายแบบใหม่ที่ดีกว่าเดิม อุปกรณ์ network element ของ SDH นั้น มีฟังก์ชันพื้นฐานสำคัญหลายอย่างภายในอุปกรณ์เดียวกัน และมีประสิทธิภาพกับความคล่องตัวที่มากกว่าอุปกรณ์ PDH ในเครือข่ายแบบเดิม

### 1.3.1 โครงสร้างเครือข่ายพื้นฐาน

ในส่วนนี้จะกล่าวถึง ภาพรวมทั่วไปของโครงสร้างและโทโปโลยีของเครือข่ายพื้นฐานของ SDH ด้วยคุณสมบัติต่างๆ ของฟังก์ชันการมัลติเพล็กซ์ของ SDH ได้ทำให้อุปกรณ์ add-drop multiplexer สามารถนำมาใช้ในเครือข่ายแบบใหม่ได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ อย่างเช่น การใช้ในเครือข่ายแบบ ring และแบบ bus เป็นต้น

### เครือข่ายแบบ Mesh

โครงสร้างเครือข่ายแบบ Mesh เกิดจากการเชื่อมโยงอุปกรณ์ cross-connect เข้าหากันเป็นลักษณะตาข่าย ดังตัวอย่างในรูปที่ 3 และมักจะใช้เป็นเครือข่ายในระดับ Core network

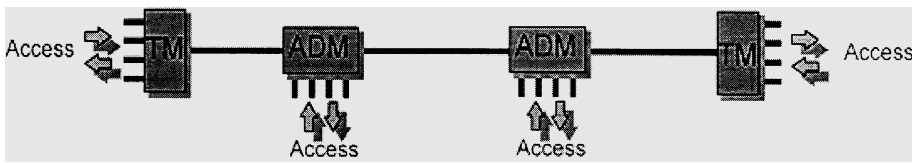
โหนด CC สามารถถูกบริหารจัดการจากระยะไกล ทำให้สะดวกต่อการ

จัดสรรและกำหนดใช้งานวงจรได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้คุณภาพและความคล่องตัวของเครือข่ายดีขึ้น โหนด CC ยังสามารถทำฟังก์ชันของการ protection แบบต่างๆ ได้อีกด้วย ทำให้ availability ของเครือข่ายดีขึ้น

### เครือข่ายแบบ Ring

ระบบ ring ของ SDH เกิดจากการเชื่อมโยงโหนดต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นลูปปิด แต่ละโหนดก็คือ add-drop multiplexer (ADM) ดังตัวอย่างในรูปที่ 4 โดยแต่ละ ring section หรือแต่ละ span นั้น จะมี transmission capacity เหมือนกัน (ตัวอย่างเช่น อาจเป็น STM-1, STM-4 หรือ STM-16) อุปกรณ์ ADM ควรจะสามารถติดต่อกับทราบพิถทั้งหมดที่อยู่บนสายส่งได้ และมี non-blocking switch matrix อยู่ภายใน หน้าที่หลักของ ADM ก็คือ การเพิ่มและดึงช่องสัญญาณทริบูตารีจากสัญญาณ aggregate STM-N

เครือข่ายแบบ ring แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ uni-directional และ bi-directional ขึ้นกับทิศทางการวิ่งของทราบพิถในภาวะปกติ ถ้าเป็น ring แบบ uni-directional ทราบพิถใช้งานจะวิ่งรอบ ring ในทิศทางเดียวเท่านั้น (อย่างเช่น ตามเข็ม-



รูปที่ 5 : ระบบ SDH chain ที่ใช้อุปกรณ์ ADM

นาฬิกา) นั่นคือ ทราฟฟิกที่รับและส่งระหว่างโหนดคู่หนึ่ง จะวิ่งอยู่คนละด้านของ ring แต่ถ้าเป็น ring แบบ bi-directional ทราฟฟิกที่รับและส่งระหว่างโหนดคู่หนึ่ง จะวิ่งทางด้านใดด้านหนึ่งของ ring เท่านั้น

วิธีการ protection แบบต่างๆ มากมายได้ถูกเสนอขึ้นมาเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้งานวงจรของสัญญาณได้ วิธี protection ที่นิยมใช้กันมาก 2 วิธีในระบบ ring คือ path protection (SNCP) และ Bi-directional Self-Healing Ring protection (BSHR) ถ้าลองเปรียบเทียบกับเครือข่ายที่ใช้อุปกรณ์ cross-connect แล้ว จะพบว่า การใช้ ring นั้น จะลงทุนต่ำกว่า, พื้นตัวทราฟฟิกได้เร็วกว่า, ควบคุมง่ายกว่าและสร้างเครือข่ายได้ง่ายกว่า

### เครือข่ายแบบ Chain

ระบบ chain เกิดจากการเชื่อมโยงโหนดเข้าด้วยกันเป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 5 โหนดที่อยู่ปลายสุดจะเป็น terminal multiplex system (TM) ส่วนโหนดที่อยู่ระหว่างทางจะเป็น add-drop multiplexer (ADM) แต่ละ chain section จะมี transmission capacity เหมือนกัน การจัดการคอนฟิกูเลชันแบบ chain จะใช้วิธีการ protection แบบ multiplex section line protection ได้เพียงแบบเดียวเท่านั้น

### 1.3.2 สถาปัตยกรรมเครือข่าย SDH ที่ใช้งานกันทั่วไป

โทโปโลยีของเครือข่าย PDH มักจะเป็นแบบ mesh (โดยเฉพาะในส่วนของ core network) และแบบ star (โดยเฉพาะในส่วนของ regional network) แต่ในเครือ-

ข่าย SDH การใช้ ADM ทำให้เครือข่ายมักเป็นแบบ ring โครงสร้างแบบ ring นั้นให้ประโยชน์หลายอย่าง โดยเฉพาะในเรื่องของ protection

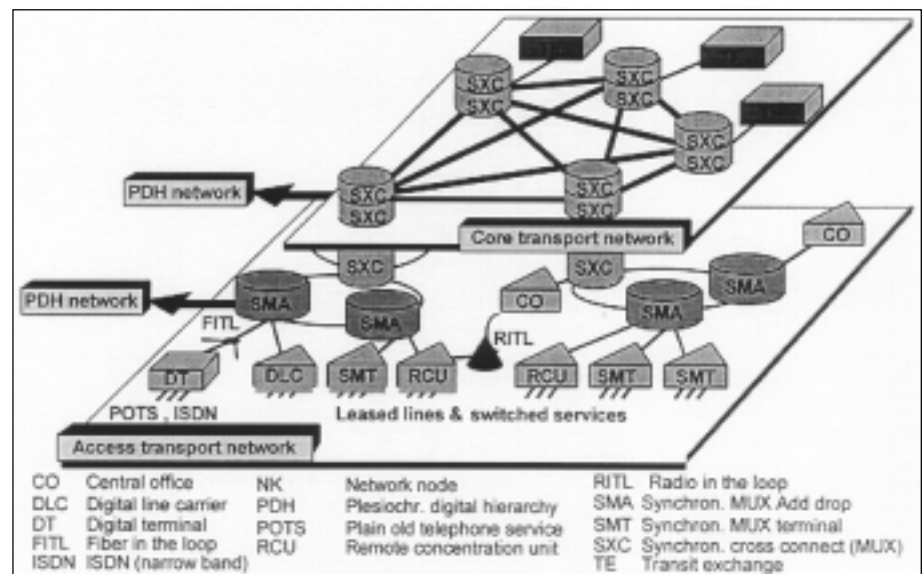
โดยทั่วไป โครงสร้างของเครือข่าย SDH (รูปที่ 6) จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ระดับชั้นคือ Core Trunk Network และ Access Transport Network เครือข่ายในระดับ core network จะเป็นเครือข่ายที่มีปริมาณทราฟฟิกมาก ซึ่งต้องจัดการกับอัตราบิตข้อมูลความเร็วสูง เช่น STM-16 (2.5 Gb/s) หรือ STM-4 (622 Mb/s) โทโปโลยีเครือข่ายอาจเป็นแบบ ring หรือแบบ mesh (ที่มีการใช้ DXC) จะเป็นแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับแพ็คเกจิ์นการวิ่งของทราฟฟิก, งบการลงทุน และข้อจำกัดอื่นๆ ในการออกแบบและการสร้าง หน่วยเล็กสุดของทราฟฟิกที่จะมีการจัดการหรือการ routing ภายใน core network จะอยู่ในระดับ VC-4 หรือเทียบเท่า STM-1 ระบบสื่อสารสัญญาณที่จะใช้เป็นหลักก็คือ Fiber Optic ยกเว้นในกรณีพิเศษที่ต้องใช้-

ไมโครเวฟแทน เช่นเป็นเส้นทางใช้งานชั่วคราว หรือพื้นที่เป็นภูเขาไม่สะดวกต่อการวางเคเบิล เป็นต้น

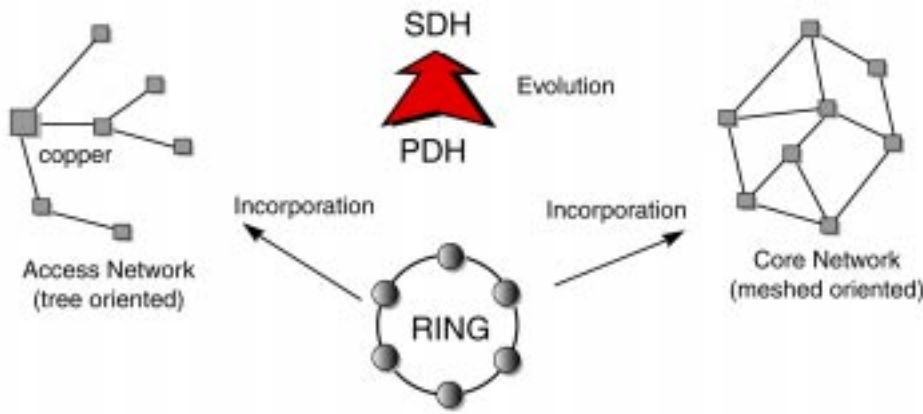
ในส่วนของ access network นั้น ปริมาณทราฟฟิกจะน้อยกว่า โทโปโลยีเครือข่ายมักจะเป็นแบบ ring หรือ chain หน่วยทราฟฟิกเล็กสุดที่จะมีการจัดการหรือการ routing ใน access network มักจะลงมาถึงระดับ VC-12 การเชื่อมโยงทราฟฟิกระหว่าง core network กับ access network สามารถเชื่อมติดต่อกันด้วยการใช้ DXC หรือต่อเชื่อม tributary ของ ADM ระหว่าง 2 เครือข่ายเข้าหากัน (tributary ที่ต่อเชื่อมนี้ มักจะใช้ STM-1 หรือ STM-4)

## 2) แนวทางการใช้งานเครือข่าย SDH

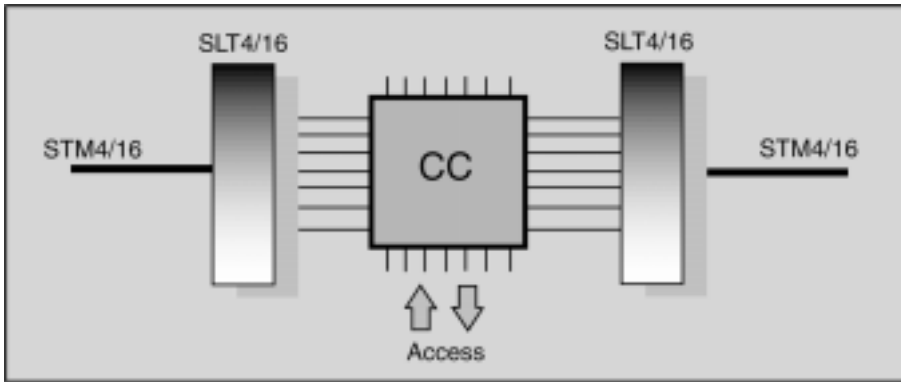
การนำ SDH เข้ามาใช้งานแทนที่ PDH เพื่อตอบสนองความต้องการใช้ transmission capacity ที่มากขึ้น ได้ทำให้โครงสร้างเครือข่าย เปลี่ยนแปลงจากลักษณะ point-to-point ไปเป็นเครือข่ายแบบ mesh หรือแบบ ring ที่เชื่อมโยงโหนด DXC หรือ ADM เข้าด้วยกัน (รูปที่ 7) เครือข่าย SDH แบบใหม่ที่ได้รับนี้ จะมีความยืดหยุ่นคล่องตัวและน่าเชื่อถือมาก-



รูปที่ 6 : สถาปัตยกรรมเครือข่าย SDH ที่ใช้งานกันทั่วไป



รูปที่ 7 : การพัฒนาเปลี่ยนจาก PDH ไปสู่ SDH



รูปที่ 8 : CC/SLT node configuration

กว่า

### 2.1 การใช้งาน Core Network

โดยทั่วไป เครือข่าย SDH จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ระดับชั้นคือ core network และ regional subnetwork โดย core network จะทำหน้าที่ต่อผ่านทรานซิปิกที่วิ่งระหว่าง regional subnetwork โหนดเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายนั้นจะต้อง

มีความสามารถในการต่อไขว้สัญญาณ (cross-connect) ของทรานซิปิกที่วิ่งระหว่างเครือข่ายได้ ทำให้เครือข่ายมีความคล่องตัวสูง

regional network จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับ core network โครงสร้างของ regional network มักจะเป็นแบบ ring ซึ่งป้องกันทรานซิปิกได้ดี ส่วนโครงสร้าง

ของ core network ที่ใช้กันส่วนใหญ่นั้นจะเป็นแบบ mesh และเชื่อมโยงโหนดเข้าหากันด้วยระบบรับส่งสัญญาณความเร็วสูง (เช่น STM-4/16)

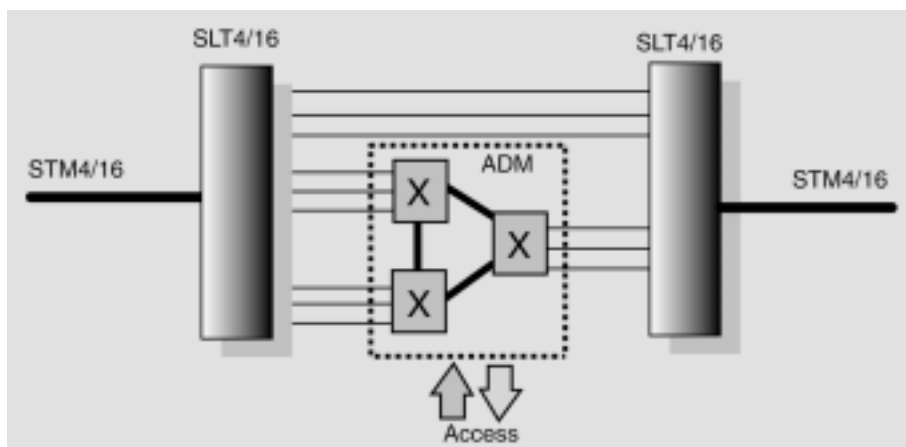
ในกรณีของเครือข่ายทางไกลนั้นระบบ synchronous line system จะถูกนำมาช่วยในการส่งสัญญาณระหว่างโหนด ฟังก์ชันการ cross-connect ภายในโหนดหนึ่ง สามารถทำได้โดยการใช้อุปกรณ์ cross-connect (CC) ดังในรูปที่ 8 หรือโดยการใช้ ADM ต่อเข้าด้วยกันดังรูปที่ 9 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนง่ายของการจัดทรานซิปิก, ความคล่องตัวของเครือข่ายและค่าใช้จ่ายที่ต้องลงทุน

ในกรณีของเครือข่ายขนาดเล็กที่วางโหนดไม่ไกลกันมากนัก ก็ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ synchronous line equipment (SLE) โหนดของเครือข่ายก็อาจเกิดจากการต่อ ADM เข้าด้วยกันดังในรูปที่ 10 ก็ได้

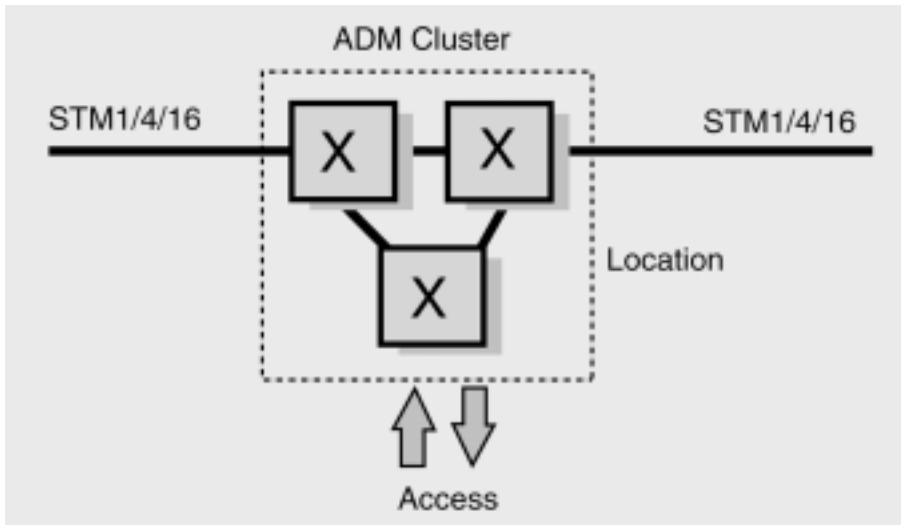
ถึงแม้ว่าโครงสร้าง core network ส่วนมากจะเป็นแบบ mesh และมี capacity ในการรับส่งสัญญาณสูง แต่ core network ก็อาจเกิดจากการวางระบบ ring ซ้อนทับกัน ดังในรูปที่ 11 ก็ได้ การส่งผ่านทรานซิปิกระหว่าง ring อาจทำได้ด้วยการอินเตอร์เฟส ring ด้วย cross-connect หรือ ADM (รูปที่ 12) หรือทั้ง 2 อย่างรวมกัน โดยคำนึงถึงในเรื่องของค่าใช้จ่าย, capacity, protection และความยืดหยุ่นคล่องตัวของเครือข่าย การอินเตอร์เฟสระหว่าง ring คู่หนึ่ง ควรทำอย่างน้อย 2 จุด เพื่อประโยชน์ในเรื่องของ traffic protection, synchronization และ network management

### 2.2 การใช้งาน Access Network

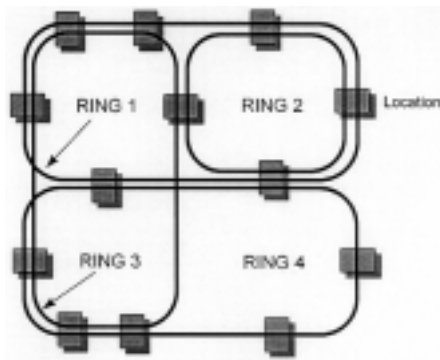
จนถึงขณะนี้เครือข่าย access network ที่ใช้เชื่อมโยงสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับผู้ใช้บริการ ยังคงเป็น



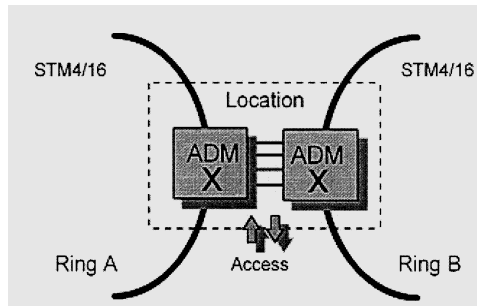
รูปที่ 9 : ADM/SLT node configuration



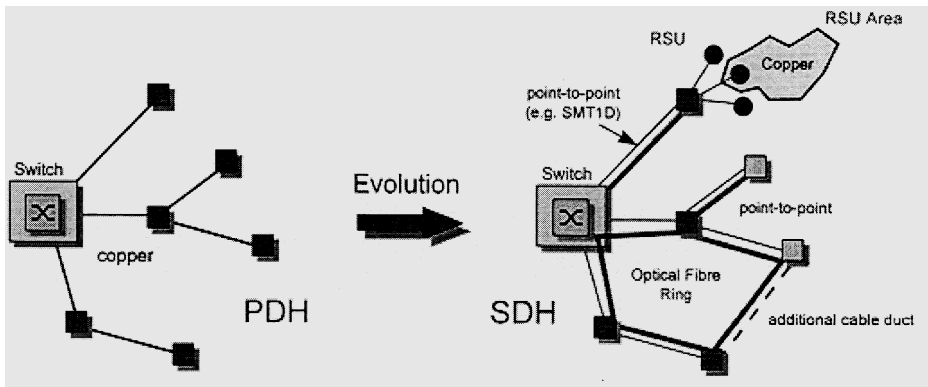
รูปที่ 10 : ADM node configuration



รูปที่ 11 : การวางซ้อนทับกันของระบบ SDH ring ที่ใช้ ADM ในเครือข่าย core network



รูปที่ 12 : ตัวอย่างของการอินเตอร์เฟส ring



รูปที่ 13 : การพัฒนาเปลี่ยนแปลงจาก PDH ไปสู่ SDH สำหรับ access network

สายทองแดงและใช้ PDH อยู่ การเปลี่ยนแปลงเครือข่ายให้มาใช้ SDH และเชื่อมโยง fiber optic ให้เข้ามาใกล้ผู้ใช้บริการมากขึ้น ดังรูปที่ 13 จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของบริการ, สามารถให้บริการแบบใหม่ที่ทันสมัยได้มากขึ้น และยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนอีกด้วย (แทนที่จะต้องเดินคู่สายทองแดงจากชุมสายไปยัง

ผู้ใช้บริการแต่ละรายก็เปลี่ยนมาเดิน fiber optic ไปยังจุดที่อยู่ใกล้ผู้ใช้บริการมากขึ้นแล้วค่อยเดินสายทองแดงกระจายส่งให้กับผู้ใช้บริการแต่ละรายต่อไป ก็จะลดค่าใช้จ่ายในการเดินเคเบิลไปได้มากทีเดียว)

การนำ SDH มาใช้ใน access network นั้น จะเพิ่มความน่าเชื่อถือของเครือข่ายให้มากขึ้นเพราะการใช้ระบบ

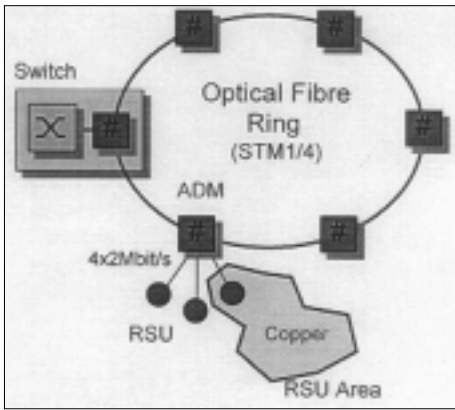
ring เครือข่ายยังสามารถถูกปรับเปลี่ยนให้ตรงกับความต้องการได้ง่าย และยังได้รับประโยชน์จากการใช้ระบบบริหารจัดการเครือข่ายของ SDH อีกด้วย เช่น การ re-configuration ที่คล่องตัวและรวดเร็ว, ช่วยในการควบคุมและซ่อมบำรุงรักษาเครือข่ายได้ง่ายขึ้น เป็นต้น

รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างของการใช้ระบบ ring ใน access network (RSU = Remote Switching Unit) ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนเครือข่ายให้ตรงกับความต้องการได้ง่ายและสะดวก และยังได้ประโยชน์จากการใช้ ring protection อีกด้วย

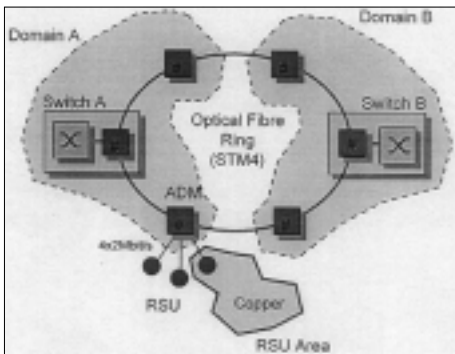
ถ้าทราฟฟิกส่วนใหญ่ใน access network วิ่งเข้าหาโหนดใดโหนดหนึ่งเป็นการเฉพาะ (เช่น วิ่งเข้าไปยังชุมสาย) นั่นคือ แพ้ทเทิร์นการกระจายทราฟฟิกเป็นแบบ star การใช้คอนฟิกูเรชันแบบ Bi-directional Self-Healing Ring (BSHR) อาจไม่ทำให้เกิดข้อได้เปรียบเสมอไปเมื่อเทียบกับการใช้ระบบ ring แบบอื่น เช่น path protected ring ซึ่งมีความซับซ้อนและแพงน้อยกว่า

รูปที่ 15 แสดงอีกตัวอย่างหนึ่งของการใช้ ring ร่วมกันของ access network ใน Domain A และ Domain B แต่ในตัวอย่างนี้ แพ้ทเทิร์นการกระจายทราฟฟิกจะเป็นแบบ double-star (ทราฟฟิกจะวิ่งเข้าหา switch A และ switch B) ทราฟฟิกจะถูกกระจายมากกว่า ทำให้การใช้ BSHR เหมาะมากกว่าการใช้ระบบ ring แบบอื่น เพราะว่าสามารถใช้แบนด์วิดท์สำรองร่วมกันได้

จากตัวอย่างที่ยกมาแสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้วิธีการ protection แบบใดนั้น จะขึ้นอยู่กับแพ้ทเทิร์นหรือรูปแบบการกระจายของทราฟฟิกที่วิ่งอยู่ภายในเครือข่าย วิธีการใดที่ใช้ capacity ของเครือข่ายได้มีประสิทธิภาพมากกว่าจะถูกนำมาใช้ นอกจากนี้การจัดคอนฟิกูเรชันแบบ subring ดังในรูปที่ 16 ยังจะ



รูปที่ 14 : การใช้งาน ring ใน access network



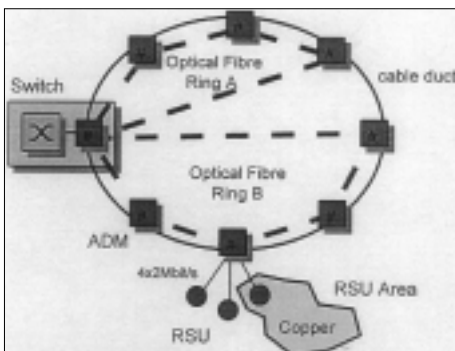
รูปที่ 15 : ตัวอย่างของการใช้ ring splitting ใน access network

ช่วยให้เกิดความคล่องตัวในการขยายเครือข่ายได้ง่ายขึ้นอีก

### 3) การวางแผนเครือข่าย SDH

#### 3.1 เป้าหมายหลักในการวางแผน

การวางแผนและจัดโครงสร้างเครือข่าย จะต้องพยายามลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนและดำเนินการ แต่คุณภาพของบริการและความคล่องตัวของเครือ-



รูปที่ 16 : AMD based subring configuration

ข่ายยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดี การออกแบบเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคม ต้องพิจารณาถึงปัจจัยหลายอย่าง เช่น รูปแบบการกระจายของทรานฟฟิก, ค่าใช้จ่ายในการลงทุน และการนำเทคโนโลยีใหม่เข้ามาใช้งานเพื่อให้เครือข่ายที่ได้สอดคล้องกับเงื่อนไขต่างๆ อย่างเหมาะสม เช่น เงื่อนไขในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการลงทุน, ความน่าเชื่อถือและความคล่องตัวของเครือข่าย (รูปที่ 17) เมื่อกำลังวางแผนเครือข่ายเงื่อนไขเป้าหมายต่างๆ ตามรูปที่ 17 จะต้องถูกสมดุลให้สอดคล้องกับความต้องการใช้งานของลูกค้าหรือธุรกิจ การหาจุดสมดุลที่อยู่ในรูปที่ 17 จึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการวางแผนเครือข่าย

#### 3.2 กระบวนการของการวางแผน

กระบวนการในการวางแผนเครือข่าย มีจุดมุ่งหมายที่จะ

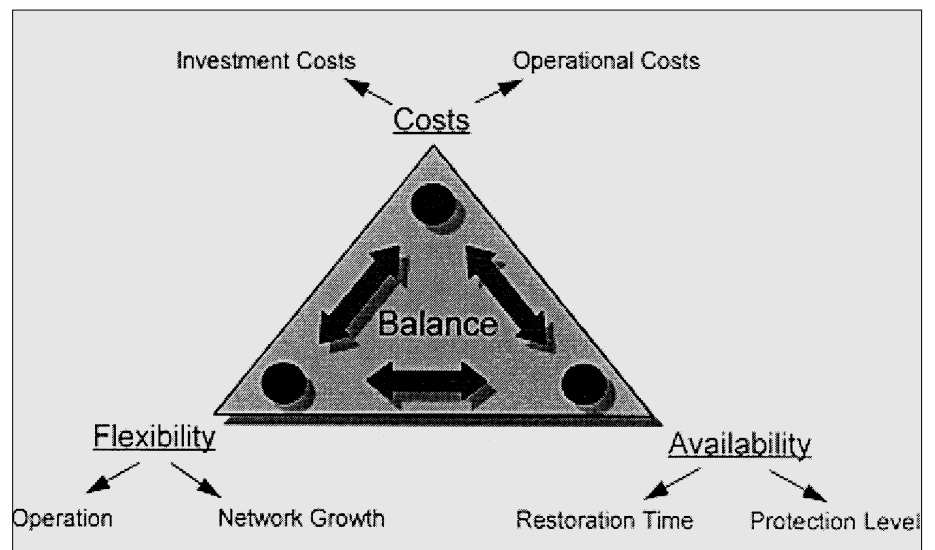
- กำหนดสถาปัตยกรรมเครือข่ายเป้าหมายที่ต้องการ
- ใช้วิธีการป้องกันเครือข่ายและเทคนิคไดเวอร์ซิตีที่เหมาะสม
- มีการใช้งานทรัพยากรเครือข่ายของ SDH ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด
- กำหนดหรือหา network infrastructure ที่ต้องการ
- นอกจากนี้ การวางแผนและปรับ-

เครือข่ายให้เหมาะสม จะต้องพิจารณาเงื่อนไขบังคับ, พารามิเตอร์ และความต้องการในเรื่องต่างๆ เช่น

- โครงสร้างโทโปโลยีของเครือข่ายที่มีอยู่แต่เดิมแล้ว
  - โครงสร้างเครือข่ายในทางลจิคัล (logical)
  - ข้อกำหนดทางเทคนิคของอุปกรณ์ และข้อจำกัดต่างๆ
  - แพคเกจหรือรูปแบบการกระจายของทรานฟฟิก
  - ความต้องการในเรื่องของ protection
  - ข้อพิจารณาในทาง commercial หรือทางการค้า
- ลำดับขั้นตอนของการวางแผนเครือข่าย อาจแบ่งกว้างๆ ได้เป็น 1) Topology 2) Routing 3) Protection 4) Grouping และ 5) Equipment

#### Topology :

ขั้นตอนนี้ จะเกี่ยวข้องกับการหารูปแบบโครงสร้างเครือข่าย ซึ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการวางแผนระยะยาว อัลกอริทึมหลายวิธีถูกต้องการสำหรับการหาโทโปโลยีที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยในการวางแผนเครือข่าย SDH เช่น การวาง-



รูปที่ 17 : เป้าหมายหลักของการวางแผน

ระบบ ring ลงไปบนข่ายสาย fiber optic แบบ mesh ที่มีอยู่แล้ว

### Routing :

Routing เป็นการกำหนดเส้นทางหรือจัดเส้นทางที่เหมาะสมให้กับทราฟฟิกแต่ละวงจร โดยยึดแนวปฏิบัติในการ routing เช่น

- จะต้อง routing ให้มีจำนวน hop น้อยที่สุด
- จะต้อง routing ให้เส้นทางการวิ่งสั้นที่สุด
- กรณีมี diversity เส้นทาง diversity จะต้องพยายามให้สั้นที่สุด และไม่ทับหรือตัดกับเส้นทางใช้งานหลัก
- ทำการ routing บนข้อจำกัดของ capacity ในแต่ละเส้นทาง

ในเครือข่าย SDH นั้น ยังจะต้องพิจารณาปรับ routing ให้เหมาะสมเพิ่มมากขึ้น เช่น การสมดุลการ routing ทราฟฟิกระหว่าง ring, การดึงช่องสัญญาณออกและเพิ่มช่องสัญญาณใหม่เข้าไป เป็นต้น

### Protection :

การนำ SDH มาใช้ร่วมกับระบบ fiber optic ทำให้ทราฟฟิกที่วิ่งในเครือข่ายมีปริมาณสูงมาก จึงจำเป็นต้องมีระบบป้องกันเครือข่ายที่ดี เพื่อไม่ให้ได้รับผลกระทบมากนักจากผลเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ แนวทางในการ protection มีได้หลายหนทาง เช่น

- diverse routing (load sharing)
- traffic sharing
- multiplex section protection (MSP)
- path protection

ถ้าเป็นเครือข่ายแบบ ring วิธีการ protection ก็อาจจะเป็นแบบ 2-fiber BSHR, 4-fiber BSHR หรือใช้ TMN ช่วยในการกำหนดเส้นทางทราฟฟิกใหม่ เป็นต้น

### Grouping :

Grouping เป็นการจัดกลุ่มหรือรวมกลุ่มทราฟฟิก เพื่อที่จะกำหนดโครงสร้างของ multiplex section layer สัญญาณอัตรามิที่ต่ำจะถูกรวมกลุ่มกันเป็นสัญญาณอัตรามิที่สูงกว่า โดยพิจารณาจากความต้องการเฉพาะของลูกค้าและกฎเกณฑ์การจัดกลุ่มโดยทั่วไป การรวมกลุ่มทราฟฟิกมีได้หลายลักษณะ เช่น end-to-end grouping, subpath grouping และ segment grouping การจัดรวมกลุ่มนี้จะเกี่ยวข้องอย่างมากกับเรื่องของการวางแผนการ cross-connect ทราฟฟิกในเครือข่าย

### Equipment :

หลังจากเสร็จสิ้นการดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ก็จะทำกรเลือกใช้อุปกรณ์สัญญาณเพื่อทำการรองรับความต้องการที่มีอยู่ให้เพียงพอซึ่งจะต้องพิจารณารายละเอียดทางเทคนิคต่างๆ ของอุปกรณ์เครือข่ายและความเหมาะสมในด้านต่างๆ ประกอบการพิจารณา

### 3.3 ความแตกต่างระหว่าง PDH กับ SDH

การเปลี่ยนแปลงเครือข่ายมาใช้ SDH ก่อให้เกิดผลดีมากมายเมื่อเทียบกับเครือข่าย PDH แบบเดิม เทคโนโลยีใหม่ของ SDH ได้ทำให้แนวทางในการวางแผนเครือข่ายเปลี่ยนไป ซึ่งต่อไปนี้จะพิจารณาเป็นเรื่องๆ ไป

### Grouping

โดยทั่วไป การ grouping ของ PDH จะเน้นพิจารณาเป็นแต่ละ multiplex section ไป โดยมุ่งหมายเพื่อลดจำนวนระบบ multiplex ที่จะต้องติดตั้งให้น้อยลง ส่วนใน SDH ยังต้องพิจารณา

ถึงโครงสร้างของ multiplex section layer (trail) เช่น การกระจายตัวของ multiplex section เพื่อทำการรวมกลุ่มให้เหมาะสมที่สุด

### Equipment

ในอุปกรณ์ PDH นั้น แต่ละ tributary port จะถูกกำหนดช่องสัญญาณติดต่อไว้ตายตัว แต่ในอุปกรณ์ SDH จะมี internal switch matrix อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ ทำให้เกิดความคล่องตัวในการทำ re-configuration ดังนั้น tributary port หนึ่ง อาจจะถูกเปลี่ยนช่องสัญญาณใหม่ได้ง่าย

### Cross-connection

ในเครือข่าย PDH การ cross-connect ช่องสัญญาณ จะทำแบบ manual ทาง distribution frame แต่ในเครือข่าย SDH ฟังก์ชันการ cross-connect จะมีอยู่ภายในอุปกรณ์ network element และสามารถทำการ cross-connect ผ่านทางระบบ network management system ได้

### สถาปัตยกรรม/โครงสร้างเครือข่าย

เทคโนโลยีของ SDH ได้ทำให้เกิดการสร้างอุปกรณ์ network element ที่รวมฟังก์ชันพื้นฐานหลายอย่างในอุปกรณ์เดียวกัน เช่น ADM, DXC ซึ่งสามารถนำมาใช้ในเครือข่ายแบบใหม่ได้เป็นอย่างดี เช่น bus, ring หรือ mesh สถาปัตยกรรม/โครงสร้างเครือข่ายเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะที่ดูซับซ้อนมากขึ้น การวางแผนเครือข่ายก็ยากขึ้นเช่นกัน.