บทที่ 2

โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของอุปกรณ์สวิตช์

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงพื้นฐานโครงสร้างทางสถาปัตย์ของอุปกรณ์สวิตช์ที่นำมาออกแบบใช้กับการสวิตช์กลุ่มข้อมูลด้วยเทคนิคที่ต่างกันและพิจารณาถึงการติดขัดภายใน และการติดขัดด้านออก ในระบบสวิตช์และแนะนำวิธีหลีกเลี่ยงการติดขัดที่เกิดในสวิตช์ระบบต่างๆ

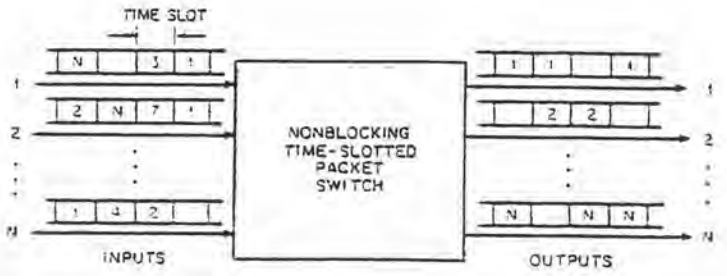
2.1 จำแนกการต่อเครือข่ายของการสวิตช์กลุ่มข้อมูล

เครือข่ายต่างๆ ที่ใช้ในระบบสื่อสารโทรคมนาคมอุปกรณ์การสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่นำมาต่อเป็นเส้นทางผ่านส่วนมากจะเป็นแบบเครือข่ายที่มีการต่อหลายๆตอน (Multistage Interconnection Network) ซึ่งสามารถแบ่งตามการต่อได้สองแบบคือ ยูนิแคสต์ (Unicast) หมายถึง พอร์ตด้านเข้าหนึ่งพอร์ต (Input Port) สามารถต่อไปยังพอร์ตด้านออกพอร์ตใดพอร์ตหนึ่งได้ และ มัลติแคสต์ (Multicast) คือ การต่อจากด้านเข้าด้านหนึ่งไปยังด้านออกได้ทุกด้านในเวลาเดียว หน้าที่ของการต่อทั้งสองแบบที่เหมือนกันคือ ต่อจากด้านเข้าด้านหนึ่งไปยังด้านออกทุกด้าน ซึ่งเป็นเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมแบบเครื่อข่ายแพร่กระจายสัญญาณ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า เครือข่ายแบบมัลติแคสต์มีความสำคัญมากกว่าเครือข่ายแบบยูนิแคสต์ เครือข่ายที่มีการต่อหลายๆตอน แต่ละแบบอาจจะจำแนกประเภท ตามคุณสมบัติการติดขัดเมื่อนำมาต่อใช้งานตามที่ต้องการ การติดขัดภายในเครือข่ายจะทำให้เกิดการสูญเสีย (Loss) ของข่าวสาร (Information) หรือเพิ่มการหน่วงเวลาให้กับกลุ่มข้อมูล (Packet Delay) เมื่อกลุ่มข้อมูลที่ติดอยู่ภายในจะต้องถูกส่งใหม่อีกครั้ง จึงต้องออกแบบให้เครือข่ายไม่มีการติดขัดภายในเพื่อที่จะให้เกิดความน่าจะเป็นในการติดขัดน้อยที่สุด(Blocking Probability) ต่อมาได้มีการเสนอระบบการสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่ไม่เกิดการติดขัดภายในเข้าสู่ระบบเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมสมัยใหม่คือ

2.2 น็อกเอาต์สวิตช์ (Knockout Switch) [9]

น็อกเอาต์สวิตช์ใช้เทคโนโลยีของสวิตช์แบบการเชื่อมโยงเต็มตัว ซึ่งหมายถึงว่าแต่ละขาเข้าจะต่อตรงเข้ากับขาออกทุก ๆ ทางได้ทำให้ไม่เกิดการติดขัด การค้นพบน็อกเอาต์สวิตช์นี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบสวิตช์แต่เดิมมาเมื่อมี N ด้านเข้าต่อไปยังด้าน N ขาออก ซึ่งใช้เป็นครอสบาร์สวิตช์แบบทำงานตอนเดียว จะต้องใช้ SE (Switch Element) จำนวน N^2 จุด ถ้าใช้แบบการต่อหลาย ๆ ตอนที่แต่ละตัวจะประกอบด้วยสวิตช์ 2x2 Element จะต้องใช้ถึง $N\log_2 N$

น็อกเอาต์สวิตช์ คือการสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่มี N ด้านเข้าและ N ด้านออก ทำงานที่อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลเท่ากันตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การสวิตช์กลุ่มข้อมูลชนิดแบ่งเวลา

กลุ่มข้อมูลมีความยาวแน่นอน เข้าที่ N ด้านเข้าในลักษณะร่องเวลาโดยแต่ละกลุ่มข้อมูลมีที่อยู่ (Address) ของพอร์ตขาออก ให้กลุ่มข้อมูลที่จะเดินทางออกไป ข่าวสารที่มีอยู่จะใช้กลุ่มข้อมูลในการจัดเส้นทาง (Routing) สำหรับแต่ละกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาไปยังด้านออกอย่างถูกต้องเนื่องจากที่อยู่ของพอร์ตด้านออกสำหรับกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาสามารถกำหนดได้จากตารางกำหนดข้อมูลก่อนที่กลุ่มข้อมูลจะเข้ามาที่ตัวสวิตช์ น็อกเอาต์สวิตช์ จึงใช้งานได้ทั้งที่เป็นดาตาแกรม (Datagram) และวงจรเสมือน(Virtual Circuit) อย่างไรก็ตาม น็อกเอาต์สวิตช์ก็มีจุดอ่อนเหมือนสวิตช์ตัวอื่น ๆ กล่าวคือ ถ้าเกิดมีแถวคอย เข้ามาทางด้านเข้า 3-4 แถวคอย พร้อมกันที่จะเดินทางไปยังด้านออกเดียวกันจะเกิดปัญหาของการติดขัด เพื่อไม่ให้เกิดการสูญหายของกลุ่มข้อมูลก็ต้องมีบัฟเฟอร์ (Buffer) สำหรับพักแถวคอยเพื่อเดินทางต่อไป ในบางครั้งถ้าบัฟเฟอร์เต็มและเกิดการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลมากเกินจำนวนช่องเก็บในบัฟเฟอร์ กลุ่มข้อมูลก็จะสูญหาย หรือบางกรณีถ้ากลุ่มข้อมูลที่อยู่ข้างหน้ายังจัดเส้นทางให้ไปออกที่ด้านออกไม่ได้ เนื่องจากด้านออกไม่ว่าง กลุ่มข้อมูลที่ตามมาแม้ว่าด้านออกที่ต้องการไปจะว่างก็ตามจะต้องถูกปิดกั้น และไม่สามารถเดินทางไปที่ด้านออกได้ซึ่งเรียกว่า การติดขัดที่หัวแถวคอย (Head Of Line (HOL) Blocking) สามารถแสดงคุณสมบัติของการสวิตช์กลุ่มข้อมูลชนิดต่าง ๆ ที่นำไปใช้งานในเครือข่ายได้ตามตาราง 2.1 [10] จะเห็นว่าระบบการสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่นำมาใช้ในเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมต่าง ๆ ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการติดขัดที่อุปกรณ์สวิตช์ได้ การติดในอุปกรณ์สวิตช์ เป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้

ระบบการติดต่อสื่อสารมีประสิทธิภาพลดลง ดังนั้นจะต้องหาวิธีลดการติดขัดในอุปกรณ์สวิตช์ให้น้อยที่สุด ซึ่งวิธีการลดการติดขัดในอุปกรณ์สวิตช์เป็นส่วนสำคัญในวิทยานิพนธ์นี้

ตาราง 2.1 คุณสมบัติของการสวิตช์กลุ่มข้อมูล

การติดขัดภายใน	การติดขัดทางด้านออก	การติดขัดที่หัวแถวคอย	การมัลติเพลกซ์
มัลติสเตจ			
บันยัน	มี	มี	ไม่มี	สเปซดิวิชันมัลติเพลกซ์
บันยันชนิดมีบัฟเฟอร์ด้านเข้าแบบเข้าก่อนออกก่อน	ไม่มี	มี	ไม่มี	สเปซดิวิชันมัลติเพลกซ์
บันยันชนิดมีบัฟเฟอร์ด้านเข้าแบบไม่ใช่เข้าก่อนออกก่อน	ไม่มี	มี	ไม่มี	สเปซดิวิชันมัลติเพลกซ์
บันยันที่มีความสามารถการเรียงลำดับชนิดมีบัฟเฟอร์แบบเข้าก่อนออกก่อน	ไม่มี	มี	ไม่มี	สเปซดิวิชันมัลติเพลกซ์
บันยันที่มีความสามารถการเรียงลำดับชนิดมีบัฟเฟอร์ร่วม	ไม่มี	มี	ไม่มี	สเปซดิวิชันมัลติเพลกซ์
บันยันแบบใช้ไทม์ดิวิชันมัลติเพลกซ์	ไม่มี	มี	ไม่มี	สเปซดิวิชันมัลติเพลกซ์กับไทม์ดิวิชันมัลติเพลกซ์
ซิงเกิลสเตจ			
ครอสบาร์	ไม่มี	มี	ไม่มี	สเปซดิวิชันมัลติเพลกซ์
น็อกเอาต์	ไม่มี	มี	ไม่มี	สเปซดิวิชันมัลติเพลกซ์
หน่วยเก็บความจำร่วม	ไม่มี	มี	ไม่มี	สเปซดิวิชันมัลติเพลกซ์
สื่อกลางร่วม	ไม่มี	มี	ไม่มี	สเปซดิวิชันมัลติเพลกซ์

การศึกษาและวิจัยสมรรถนะของการสวิตช์กลุ่มข้อมูลชนิดไม่มีการติดขัดภายในที่ผ่านมา [11, 12, 13] ส่วนมากไม่ได้กล่าวถึงการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูล (Resequencing) เมื่อส่งกลุ่มข้อมูลผ่านเส้นทางสวิตช์ไปถึงปลายทางดังนั้นการวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้จึงเป็นการวิเคราะห์สมรรถนะของการสวิตช์กลุ่มข้อมูลชนิดที่ไม่มีการติดขัดภายใน ซึ่งสามารถจัดเรียงลำดับข้อมูล

2.3 อิเล็กทรอนิกส์และโฟโตนิกส์สวิตช์

โฟโตนิกส์สวิตช์มีข้อดีอยู่หลายอย่าง แต่ว่าการที่จะนำระบบสวิตช์ที่ทำงานด้วยแสงมาใช้ในเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมนั้นมีข้อพิจารณาที่สำคัญสองประการ คือ

2.3.1 ระบบโฟโตนิกส์จะใช้งานได้ดีมีประสิทธิภาพเมื่อนำมาใช้ในระบบสวิตช์ที่ทำงานด้วยความเร็วสูงและต้องการแบนด์วิดท์กว้าง ส่วนอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอิเล็กทรอนิกส์ไม่สามารถกำหนดให้กลุ่มข้อมูลทำงานด้วยความเร็วสูงเพราะว่าแบนด์วิดท์จำกัด อิเล็กทรอนิกส์มัลติสเตจสวิตช์ที่ทำงานอย่างต่อเนื่องกันไปตามเส้นทางสวิตช์ที่มีความยาวมากจะทำให้เกิดค่าความต้านทาน, ความจุและความนำ จำนวนมากขึ้นตาม และมีแบนด์วิดท์ที่จำกัดด้วย แต่ว่าอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์แปลงแสงให้มาใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อัตราความเร็วในการส่งข้อมูลผ่านวงจรเชื่อมโยง ของโฟโตนิกส์สวิตช์อยู่ในย่าน 10^{9}-10^{12} บิตต่อวินาที ซึ่งความเร็วขนาดนี้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่สามารถรองรับได้ขอบเขตในการใช้งานของโฟโต-นิกส์สวิตช์ก็คือ ปัญหาของการเข้าจังหวะในการทำงานของระบบ ซึ่งได้แก่การเข้าจังหวะในเรื่องของความถี่ และการเข้าจังหวะของบิต เนื่องจากว่าสวิตช์ทำงานด้วยความเร็วสูง การเข้าจังหวะของความถี่และบิตกระทำได้ยาก

2.3.2 จากการศึกษาพบว่าส่วนมากในเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมจะใช้อิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ ส่วนโฟโตนิกส์สวิตช์จะมีการใช้งานอยู่บ้างในรูปแบบของครอสบาร์สวิตช์และมัลติสเตจสวิตช์ที่ไม่มีบัฟเฟอร์ เพราะโครงสร้างของระบบเพียงแต่เปลี่ยนใช้อุปกรณ์แสงแทนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น

2.4 เทคนิคการมัลติเพลกซ์ของระบบสวิตช์

อุปกรณ์สวิตช์แบบต่างๆที่ใช้ในเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคม อาจจะจำแนกโดยวิธีการมัลติเพลกซ์ เช่น มัลติเพลกซ์ด้วยเวลา, มัลติเพลกซ์ความยาวคลื่น ,มัลติเพลกซ์ด้วยรหัสและมัลติเพลกซ์แบบสเปซโดเมน (Space Domain) ซึ่งกล่าวรายละเอียดได้ดังนี้

2.4.1 การมัลติเพลกซ์ด้วยโดเมนของเวลาคือการมัลติเพลกซ์และการดีมัลติเพลกซ์ (Demultiplex) ข่าวสารหรือกลุ่มข้อมูลจากช่วงเวลาที่ต่างกันของเฟรม (Frame) เช่น ระบบทีดีเอ็ม (TDM)

2.4.2 การมัลติเพลกซ์ด้วยโดเมนของความยาวคลื่น คือ การมัลติเพลกซ์ และดีมัลติเพลกซ์ข่าวสารหรือกลุ่มข้อมูลจากความยาวคลื่นต่าง ๆ เช่น ดับเบิลยูดีเอ็ม (WDM) ซึ่งจะไม่มีความแตกต่างระหว่างดับเบิลยูดีเอ็มและทีดีเอ็มแต่ว่าในความหมายของดับเบิลยูดีเอ็มส่วนมากแล้วจะใช้ความยาวคลื่นขนาด 1 nm

2.4.3 การมัลติเพลกซ์ด้วยโดเมนของรหัส คือ การมัลติเพลกซ์และดีมัลติเพลกซ์ด้วยวิธีการเข้ารหัสของข่าวสารหรือกลุ่มข้อมูลโดยการใช้รหัสต่าง ๆ เช่น ซีดีเอ็ม (Code Division Multiplex)

2.4.4 การมัลติเพลกซ์ด้วยสเปซโดเมน คือ การมัลติเพลกซ์สัญญาณทางด้านตั้งฉาก (Orthogonal Access) โดยทั่วไปใช้กับการเชื่อมโยงของวงจรด้านสื่อสารต่างๆ เช่น เอสดีเอ็ม (Space Division Multiplex) ทีดีเอ็มและซีดีเอ็มจะไม่ค่อยมีใช้ในอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ที่ทำงานด้วยความเร็วสูงเพราะว่าทั้งสองแบบต้องการเวลาในการเข้าจังหวะสำหรับการมัลติเพลกซ์แบบเอสดีเอ็ม ส่วนมากใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ที่ทำงานด้วยความเร็วสูง บางครั้งเอสดีเอ็มจะใช้ร่วมกับดับเบิลยูดีเอ็ม ในระบบโฟโตนิกส์สวิตช์ใช้ดับเบิลยูดีเอ็มเป็นส่วนใหญ่ และบางครั้งทีดีเอ็มและซีดีเอ็ม [14] ก็ถูกนำมาใช้ด้วยเหมือนกัน

2.5 เทคนิคการเข้าจังหวะในการทำงานของอุปกรณ์สวิตช์

วิธีการจัดจังหวะในการทำงานของอุปกรณ์สวิตช์ที่นำมาใช้ในเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมเป็นวิธีการอีกวิธีหนึ่งที่จะจำแนกรูปแบบการใช้งานของอุปกรณ์สวิตช์โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบดังนี้

2.5.1 สวิตช์แบบซิงโครนัส (Synchronous Switching) หมายถึงสวิตช์ที่ให้ทำงาน ตามจังหวะเวลาที่กำหนดไว้

2.5.2 สวิตช์แบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Switching) หมายถึงสวิตช์ที่ให้ทำงาน ณ เวลาใด ๆ ตามที่ออกแบบให้สัมพันธ์กับความต้องการของระบบเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมที่ทำงานด้วยอัตราความเร็วสูงจะใช้สวิตช์แบบอะซิงโครนัสเพราะว่าซิงโครนัสสวิตช์ทำงานตามจังหวะเวลาที่กำหนดไว้ซึ่งเป็นสิ่งยากมากที่จะทำให้ระบบทำงานได้ตามจังหวะที่ต้องการในขณะทำงานด้วยความเร็วสูง จึงเป็นเหตุผลที่ต้องพิจารณาใช้อะซิงโครนัสสวิตช์แทน และอีกประการหนึ่งอะซิงโครนัสสวิตช์มีความอ่อนตัวในการใช้งาน สามารถใช้ได้กับเครือข่าย

สื่อสารโทรคมนาคมแบบต่างๆ ได้ แต่บางครั้งก็ไม่สามารถกำหนดโดยตรงว่าจะใช้เป็นซิงโครนัสหรืออะซิงโครนัสสวิตช์ เพราะว่าในเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมที่ติดต่อกันหลาย ๆ จุดเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมบางจุดใช้อะซิงโครนัสสวิตช์ ส่วนจุดต่อไปอาจใช้ซิงโครนัสสวิตช์จึงควรพิจารณาใช้อุปกรณ์สวิตช์ตามความต้องการของระบบเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมที่ใช้ในปัจจุบันเป็นหลัก

2.6 ลักษณะสวิตช์ที่มีคุณสมบัติเกิดการติดขัดและไม่มีการติดขัดเมื่อมีข่าวสารหรือกลุ่มข้อมูลส่งผ่าน

สวิตช์ที่ใช้ในเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมอาจจะแบ่งตามคุณสมบัติเมื่อมีกลุ่มข้อมูลส่งผ่านจากต้นทางไปยังปลายทางว่าจะเกิดการติดขัดหรือไม่มีการติดขัดสามารถจำแนกได้ดังนี้

2.6.1 การติดขัดอาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งการติดขัดภายใน (Internal Blocking) และการติดขัดด้านออก (Output Blocking) มีรายละเอียดดังนี้

ก. การติดขัดภายใน หมายถึงกลุ่มข้อมูลที่ส่งผ่านเข้าไปยังอุปกรณ์สวิตช์จะติดขัดอยู่ภายในสวิตช์ เนื่องจากว่าจำนวนกลุ่มข้อมูลหรือเซลล์ (Cell) มีจำนวนมากกว่าหนึ่ง พยายามที่จะใช้วงจรเชื่อมโยงภายในเส้นทางเดียวกัน แม้ว่ากลุ่มข้อมูลที่อยู่ในแถวคอยต้องการออกที่ปลายทางต่างกันก็จะถูกปิดกั้นจากกลุ่มข้อมูลที่อยู่ข้างหน้าซึ่งไม่สามารถออกได้

ข. การติดขัดด้านออก หมายถึงกลุ่มข้อมูลมากกว่าหนึ่งต้องการออกทางเดียวกัน กลุ่มข้อมูลสามารถที่จะออกได้ครั้งละกลุ่ม ที่เหลือจะติดอยู่ในแถวคอยของบัฟเฟอร์ด้านออกซึ่งอาจจะเกิดการติดขัดภายในขณะเดียวกันกับการติดขัดด้านออกได้

2.6.2 ไม่เกิดการติดขัดหมายถึง กลุ่มข้อมูลที่ส่งผ่านจากต้นทางไปยังปลายทางไม่มีการติดขัดทั้งภายในและการติดขัดด้านออก ในบางครั้งความหมายของการไม่ติดขัดจะเน้นถึงการไม่ติดขัดภายในเท่านั้น

2.7 อุปกรณ์สวิตช์แบบยูนิแคสต์และมัลติแคสต์

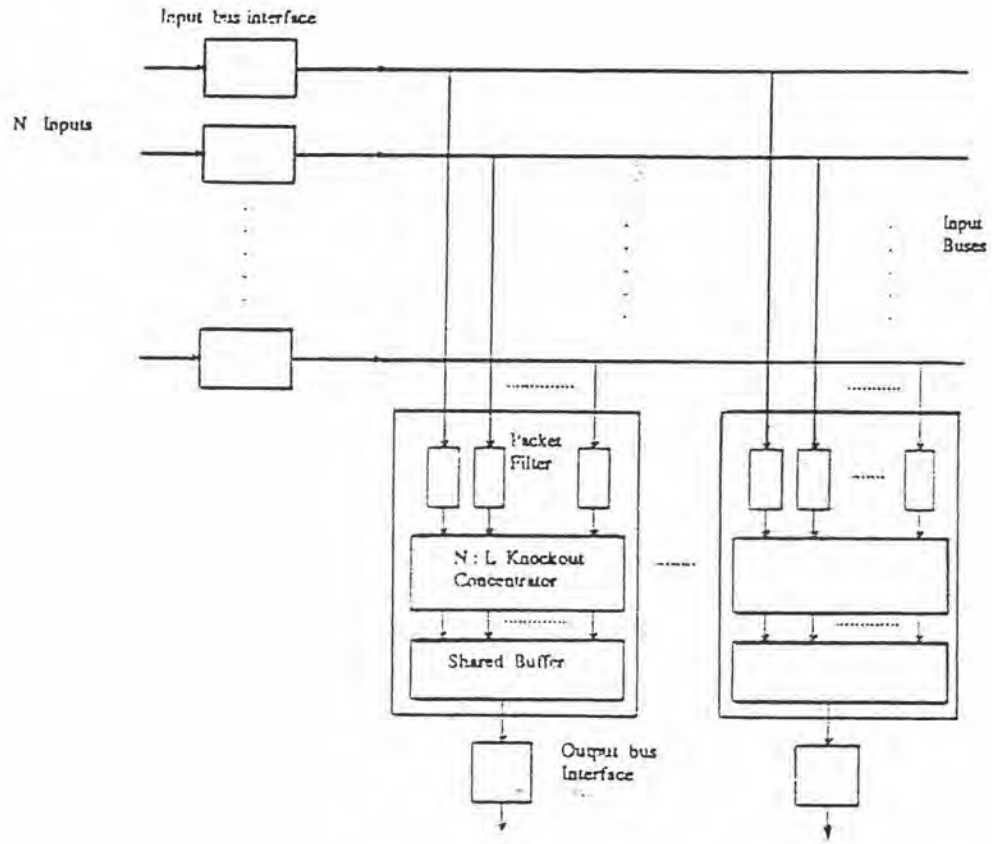
อุปกรณ์สวิตช์แบบยูนิแคสต์เป็นสวิตช์แบบจุดต่อจุด ซึ่งมีเพียงปลายทางเดียวที่จะส่งกลุ่มข้อมูลและข่าวสารออกที่จุดนั้น แต่ถ้ามีปลายทางให้ออกมากกว่าหนึ่งจัดว่าเป็นแบบมัลติแคสสวิตช์ มัลติแคสต์สวิตช์มีความซับซ้อนมากกว่ายูนิแคสต์สวิตช์ ความต้องการคุณสมบัติของอุปกรณ์สวิตช์ที่สามารถผ่านเส้นทางเดียวออกไปยังปลายทางได้หลายจุด (One-to-Many) หรือมีหลายเส้นทางผ่านต่อไปยังปลายทางออกได้หลายเส้นทาง (Many-to-Many) และเป็นสวิตช์ที่มีสมรรถนะการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพจะถูกนำมาพิจารณาใช้ในเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมดังนี้

2.7.1 ชิงเกิลสเตจและมัลติสเตจสวิตช์

โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของสวิตช์ที่ใช้ในเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมมีอยู่สองชนิด คือ

ก. ชิงเกิลสเตจสวิตช์ หมายถึงสวิตช์ที่มีเส้นทางให้กลุ่มข้อมูลผ่านจากต้นทางไปยังปลายทางด้วยวงจรเชื่อมโยงของตัวเอง เพราะว่าเส้นทางผ่านมีลักษณะการต่อจากด้านเข้าไปยังด้านออกโดยตรงทำให้ไม่เกิดการติดขัดภายในได้แก่ ครอสบาร์สวิตช์และน็อกเอาต์สวิตช์ ครอสบาร์สวิตช์เป็นสวิตช์ที่มีโครงสร้างแบบจุดต่อจุด ส่วนน็อกเอาต์สวิตช์เป็นสวิตช์แบบแพร่สัญญาณ (Broadcast) ซึ่งอาจจะใช้ได้ทั้งยูนิแคสต์และมัลติแคสต์สวิตช์และจำเป็นต้องมีบัฟเฟอร์ทางด้านออกเพื่อลดปัญหาการติดขัดด้านออก ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไปคือ

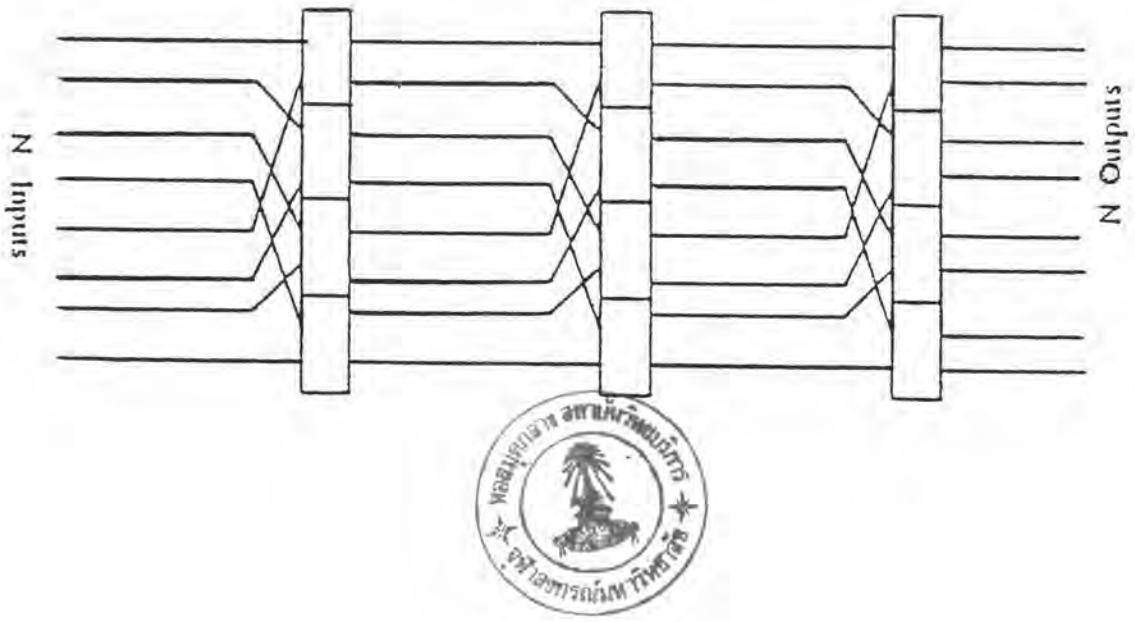
(1) สวิตช์แบบแพร่สัญญาณหรือแบบน็อกเอาต์ ตามปกติแล้วลักษณะทั่วไปของชิงเกิลสเตจสวิตช์แบบจุดต่อจุด และแบบแพร่สัญญาณของน็อกเอาต์สวิตช์ใช้วิธีการต่อแบบเชื่อมโยงเต็มตัว คือ การต่อจากด้านเข้าทุกเส้นทางไปยังด้านออกทุกเส้นทางด้วยการผ่านแพกเกจฟิลเตอร์และจัดให้มีบัฟเฟอร์ทางด้านออกเพื่อแก้ปัญหาการติดขัดด้านออกแสดงตามรูปที่ 2.2 ชุดอุปกรณ์ N:L เป็นชุดรวมช่องสัญญาณจะทำการเลือก L กลุ่มข้อมูลจากจำนวนทั้งหมดที่ผ่านอุปกรณ์กรองมาแล้วไปเก็บที่บัฟเฟอร์ด้านออก ถ้ามีจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ด้านเข้า N ด้านต้องการออกด้านเดียวกันก็สามารถที่จะใช้วิธีการควบคุมการแออัดของกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาด้วยการตัดกลุ่มข้อมูลที่ซ้ำกันทิ้งและเมื่อ N มีขนาดใหญ่เท่าใดก็ได้ ถ้า L เท่ากับ 8 และกำหนดให้ทราฟฟิกเข้ามาอย่างสม่ำเสมอ ค่าการสูญเสียของกลุ่มข้อมูลในสวิตช์จะน้อยกว่า 10^{-6} [15]



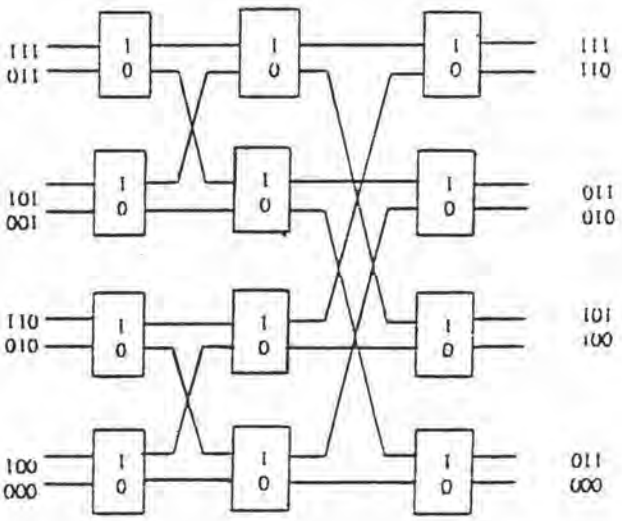
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของน็อกเอาต์สวิตช์

(2) ครอสบาร์สวิตช์ โครงสร้างเป็นแบบจุดต่อจุดการสร้างไม่ยุ่งยากซับซ้อน ปัญหาการติดขัดภายในไม่มี จำนวนจุดต่อจะอยู่ในรูปฟังก์ชัน $O(N^2)$ ซึ่งถ้าสวิตช์มีขนาดใหญ่มากจะเสียค่าใช้จ่ายสูง วิธีการที่จะแก้ปัญหาการติดขัดของสวิตช์ไม่ว่าจะเกิดจากแถวคอยด้านออกหรือแถวคอยด้านเข้า สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีปรับเปลี่ยนจุดต่อที่ชุดควบคุมส่วนกลาง

ข. มัลติสเตจสวิตช์ โครงสร้างของสวิตช์ใช้จุดต่อน้อยกว่าสวิตช์แบบซิงเกิล-สเตจชนิดครอสบาร์ทำให้ลดค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์สวิตช์ลง การสร้างอุปกรณ์สวิตช์ใช้เทคโนโลยีของวีแอลเอสไอ (VLSI) เช่นบันยันสวิตช์เป็นมัลติสเตจที่ใช้พื้นฐานการต่อแบบชัฟเฟิล (Shuffle) แสดงตามรูปที่ 2.3 และเครือข่ายแบบเดลตา (Delta Network) เป็นแบบหนึ่งของมัลติสวิตช์ที่ใช้กับข่ายสื่อสารรวม (Integrated Communication) เป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายบันยันที่ใช้ระบบตัวเลขควบคุมเส้นทางจะแสดงให้เห็นชัดเจนด้วยเครือข่ายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า NxN สร้างขึ้นด้วยอุปกรณ์สวิตช์ที่มีส่วนประกอบ bxb ที่เหมือนกันเรียกว่า เดลตา-บี รูปตาข่ายมี k สเตจ จำนวน N จะเท่ากับ b^k อุปกรณ์สวิตช์ชนิดเดลต้า-2 เป็นตัวอย่างสวิตช์ตาข่ายแสดงตามรูปที่ 2.4 ซึ่งเครือข่ายลักษณะนี้มีคุณสมบัติสำคัญ 2 ประการ คือจำนวนสเตจเท่ากับ $\log_b N$ และจำนวน N/b โนดต่อสเตจ และสามารถจัดเส้นทางได้ด้วยตนเอง



รูปที่ 2.3 วิธีการต่อมัลติสเตจแบบชัฟเฟิล



รูปที่ 2.4 เครือข่ายแบบ 8-ต่อ-8 เดลตา-2

โครงสร้างของระบบจะไม่เหมือนกับครอสบาร์สวิตช์ ข้อเสียในเดลตา-บีคือการที่สวิตช์ต่อกันหลายชุด จะเป็นสาเหตุให้เกิดการติดขัดภายในเนื่องมาจากกลุ่มข้อมูลจำนวนซ้ำหลายๆ กลุ่มต้องการออกเส้นทางเดียวกัน ค่าความน่าจะเป็นจะพิจารณาได้จากจำนวนสเตจ การติดขัดภายในสามารถที่จะลดลงได้ด้วยวิธีการดังนี้

(1) เพิ่มความเร็วการทำงานของวงจรเชื่อมโยงภายในสวิตช์

(2) ใช้บัฟเฟอร์เก็บกลุ่มข้อมูลที่ซ้ำกัน

(3) ส่งกลุ่มข้อมูลที่ติดขัดภายในด้วยวิธีการป้อนกลับหรือการใช้อาณัติสัญญาณ

(4) กระจายภาระงานให้เท่ากันทุกโนด

(5) ทำการจัดสร้างอุปกรณ์สวิตช์ด้วยวิธีการเพิ่มเส้นทางภายในสวิตช์

2.7.2 ซิงเกิลพาทและมัลติพาทสวิตช์ สวิตช์ส่วนมากใช้เทคนิคการสร้างเป็นมัลติพาท ซึ่งโครงสร้างจะต่อถึงกันด้วยเส้นทางขนานหลายเส้นทาง เพื่อให้สามารถส่งข่าวสารหรือกลุ่มข้อมูลได้คราวละมาก ๆ แต่อย่างไรก็ตามสวิตช์แบบซิงเกิลพาทสามารถที่จะใช้งานได้อย่างมี

ประสิทธิภาพในงานที่ต้องใช้การบริการช่วงเวลาจริงคือใช้ติดต่อระหว่างสถานีต้นทางและปลายทางตลอดเวลาจนกระทั่งใช้งานเสร็จแต่ละครั้ง

2.8 ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สวิตช์

อุปกรณ์สวิตช์ที่ใช้ในเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมอาจจะผลิตด้วยโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์หรือด้านซอฟต์แวร์ก็ได้ แต่ส่วนมากแล้วจะนำความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ของวีแอล-เอสไอ มาใช้สร้างอุปกรณ์สวิตช์ชนิดฮาร์ดแวร์ที่มีความสามารถจัดเส้นทางได้ด้วยตนเอง ซึ่งนิยมใช้มากกว่ารูปซอฟต์แวร์สวิตช์และยังสามารถนำไปใช้งานเป็นสวิตช์ที่ทำงานด้วยความเร็วสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.9 วิธีแก้ปัญหาการติดขัดภายในของอุปกรณ์สวิตช์

ปัญหาที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงในอุปกรณ์สวิตช์ที่ใช้ในเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคม คือการติดขัดภายในสวิตช์สามารถลดปัญหาได้ด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้

2.9.1 จัดให้มีบัฟเฟอร์ชนิดเข้าก่อนออกก่อนทางด้านเข้าของอุปกรณ์สวิตช์ เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการติดขัดภายในแต่ก็เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบสวิตช์และจะทำให้อัตราปริมาณงานที่ได้ลดลง อัตราปริมาณงานที่ได้สูงสุดของการจัดแบบนี้ประมาณ 0.586 [16]

2.9.2 จัดให้มีบัฟเฟอร์ชนิดไม่ใช่เข้าก่อนออกก่อน การจัดบัฟเฟอร์ทางด้านขาเข้าทำให้เกิดการติดขัดที่หัวแถวคอยและจำกัดอัตราปริมาณงานสูงสุดเท่ากับ 0.586 จึงใช้วิธีการจัดแบบวินโดว์ซีเลกชันดิสซิปพลิน (Window Selection Discipline) ด้วยการกำหนดให้มี W เซลล์ ในแต่ละบัฟเฟอร์ด้านเข้า ถ้ากำหนด W เท่ากับ 7 และ 32 จะได้อัตราปริมาณงานเพิ่มขึ้นเป็น 0.9

2.9.3 ใช้วิธีการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลที่อุปกรณ์สวิตช์ เมื่อกำหนดให้อุปกรณ์สวิตช์มีการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลหรือข่าวสารสามารถที่จะลดการติดขัดภายในและติดขัดด้านออก การติดขัดภายในจะไม่เกิดถ้ากำหนดให้จำนวนกลุ่มข้อมูลของ N ด้านเข้าที่จะส่งไปยังด้านออกด้วยการจัดเรียง n กลุ่มข้อมูลตามลำดับที่กำหนดให้ออกโดยให้ส่งออกที่วงจรเชื่อมโยงเลขคี่ก่อนและเมื่อส่งกลุ่มข้อมูลผ่านเต็มหมดแล้วจึงใช้วงจรเชื่อมโยงเลขคู่ ทราฟฟิกที่จัดให้กลุ่มข้อมูลเข้ามาใหม่ก็จะไม่เกิดการติดขัด การจัดที่ไม่ทำให้เกิดการติดขัดอีกวิธีหนึ่ง สามารถทำได้โดยกลับทิศทางเครือข่ายของสวิตช์ เช่น การกลับเส้นทางของบันยันสวิตช์ให้ตรงเส้นทางกันทุกสเตจซึ่งถ้าเป็นเครือข่ายชนิดมัลติสเตจ ทราฟฟิกของกลุ่มข้อมูลด้านเข้าไปใช้วงจรเชื่อมโยงทางออกตามลำดับการติดขัดภายในจะไม่เกิด วงจรของบันยันสวิตช์จึงเป็นสวิตช์ที่สามารถจัดเรียงกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาเพื่อไม่ให้เกิดการติดขัดภายใน กลุ่มข้อมูลที่ได้จัดเรียงลำดับเรียบร้อยแล้วก็ส่งไปยังภาคต่อไป

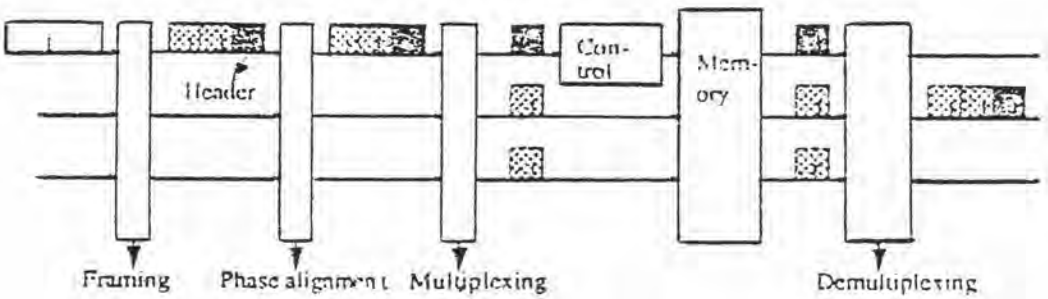
2.9.4 วิธีการนำเทคนิคของทีดีเอ็มมาใช้กับระบบสวิตช์ การลดปัญหาติดขัดภายในสามารถทำตามวิธีต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วเช่น ใช้บัฟเฟอร์ให้กลุ่มข้อมูลพักรอที่ด้านขาเข้า, ใช้วงจรสวิตช์แบบจัดเรียงลำดับและเพิ่มความเร็วการทำงานภายในให้กับสวิตช์ ยังมีอีกวิธีหนึ่งที่สามารถลดการติดขัดภายในของระบบมัลติสเตจสวิตช์คือ สวิตช์ NxN มีจำนวน k สเตจ ต่อเป็นแบบบันยัน การติดขัดภายในอาจเกิดขึ้นได้ที่อุปกรณ์สวิตช์ใดๆ ซึ่งมีจำนวน N/2 สวิตช์ต่อสเตจและอาจเกิดขึ้นได้ที่สเตจต่าง ๆ ถ้ากำหนดให้ความเร็วในการทำงานของสเตจใด ๆ เป็น N เท่าของสเตจก่อนหน้าการติดขัดภายในสามารถลดลงได้ โดยใช้เทคนิคของทีดีเอ็ม เมื่อกลุ่มข้อมูลต้องการที่จะใช้วงจรเชื่อมโยงเดียวกันก็จัดให้ใช้ซับ-สล็อต(Sub-Slot) ที่ต่างกันไปซึ่งจะไม่เกิดปัญหาในการทำงานของสวิตช์ แต่ในทางปฏิบัติต้องพิจารณาถึงโครงสร้างของสวิตช์ด้วยเพราะว่าถ้าความเร็วในการทำงานของสเตจสุดท้ายต้องเพิ่มถึง N^k เท่าของสเตจแรก จะทำให้ขนาดของ N มีจำนวนมาก ดังนั้นวิธีการที่จะลดปัญหาติดขัดภายในโดยเพิ่มความเร็วในการทำงานของสวิตช์เป็น $\sqrt{N}$ เท่าของความเร็วในการทำงานเริ่มต้นของสวิตช์ก็เป็นการเพียงพอแล้ว

2.9.5 การจัดให้มีบัฟเฟอร์ชนิดเข้าก่อนออกก่อนภายในสวิตช์ การจัดให้มีบัฟเฟอร์ชนิดเข้าก่อนออกก่อนภายในสวิตช์เป็นวิธีการแก้ปัญหาการติดขัดทางด้านขาออกของอุปกรณ์สวิตช์ซึ่งเกิดจากจำนวนกลุ่มข้อมูลหรือข่าวสารที่ผ่านเข้ามาภายในสวิตช์มีจำนวนซ้ำกันมากกว่าหนึ่งต้องการด้านออกเดียวกันจึงจัดให้พักรอที่บัฟเฟอร์ภายในก่อนแล้วจึงทยอยส่งออกตามลำดับเข้าก่อนออกก่อน และยังสามารถใช้วิธีการขยายบัฟเฟอร์ให้มีจำนวนมากขึ้นเพื่อเพิ่มอัตราปริมาณงานให้กับระบบสวิตช์ด้วย

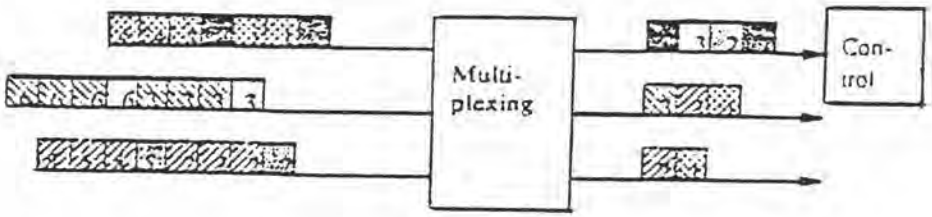
2.9.6 วิธีการจัดให้มีบัฟเฟอร์ร่วมภายในสวิตช์ การจัดให้มีบัฟเฟอร์ร่วมภายในสวิตช์โดยการพิจารณาลดบัฟเฟอร์ด้านขาเข้าทั้งหมดใช้แทนด้วยบัฟเฟอร์ร่วมส่วนกลาง หมายถึงว่าไม่จำเป็นต้องใช้บัฟเฟอร์แต่ละพอร์ตด้านเข้าทุกเส้นทางแต่จะใช้เป็นบัฟเฟอร์ส่วนกลางสำหรับให้กลุ่มข้อมูลที่เข้ามาพักรออยู่ที่บัฟเฟอร์ร่วม เมื่อกลุ่มข้อมูลเข้ามาที่อุปกรณ์สวิตช์และต้องการออกไปยังด้านออกที่ว่างก็สามารถจะส่งตรงออกไปได้โดยไม่ต้องผ่านบัฟเฟอร์ร่วม และถ้ามีการแย่งออกที่ปลายทางเดียวกันกลุ่มข้อมูลที่ชนะจะได้ออกไปส่วนที่เหลือก็จะพักรอเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ส่วนกลางเพื่อรอส่งในเวลาถัดไปซึ่งจะไม่ทำให้เกิดแถวคอยแต่ละด้านเข้า ดังนั้นกลุ่มข้อมูลใหม่ที่เข้ามาก็สามารถแย่งกันออกได้ทันที การติดขัดที่หัวแถวคอยจะไม่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามโครงสร้างของอุปกรณ์สวิตช์ก็มีความซับซ้อนมากขึ้นตามไปด้วย จุดประสงค์ของการใช้บัฟเฟอร์ร่วมก็เพื่อขจัดปัญหาการติดขัดที่หัวแถวคอยนั่นเอง

2.10 วิธีการจัดให้สวิตช์มีหน่วยเก็บความจำร่วม

วงจรเชื่อมโยงของสวิตช์ที่ต่อจากด้านเข้าไปยังด้านออกจะด้วยการต่อแบบมัลติสเตจหรือซิงเกิลสเตจก็ตาม ทั้งสองแบบส่วนมากจะใช้วิธีการของระบบเอสดีเอ็มชนิดฮาร์ดแวร์สวิตช์ที่มีหน่วยเก็บความจำร่วมตามคุณสมบัติของสวิตช์เมื่อมีจำนวนเส้นทางสวิตช์จำนวนน้อย มีผลทำให้สมรรถนะของระบบต่ำ จึงหาวิธีที่จะเพิ่มเส้นทางสวิตช์เพิ่มทำให้สมรรถนะของระบบดีขึ้นด้วยการพิจารณาใช้เป็นพรีลูดสวิตช์ (Prelude Switch) โดยใช้หลักการที่จะส่งกลุ่มข้อมูลเข้าไปเก็บไว้ในบัฟเฟอร์และทำการตรวจสอบส่วนหัวของกลุ่มข้อมูล (Packet Header) เพื่อกำหนดให้ไปยังด้านออกที่เหมาะสม และถ้าสามารถตรวจสอบส่วนหัวของกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาได้อย่างถูกต้องแล้วอาจจะคิดว่าไม่จำเป็นต้องใช้บัฟเฟอร์เพราะสามารถกำหนดให้กลุ่มข้อมูลออกตรงไปยังด้านออกที่ต้องการได้ แต่ว่าจะต้องเกิดการสูญหายของกลุ่มข้อมูลบางส่วนขณะที่ทำการส่ง ดังนั้นจึงต้องพิจารณให้มีบัฟเฟอร์เก็บข้อมูลไว้ก่อน ซึ่งอาจจะเป็นวิธีที่ทำให้ได้ประสิทธิภาพไม่ดีนักเพราะว่าจะต้องค้นหาบัฟเฟอร์ทุกตัวเพื่อตรวจสอบส่วนหัวของกลุ่มข้อมูลที่ผ่านเข้ามาทุกด้าน วิธีที่ดีและมีประสิทธิภาพควรกำหนดด้านออกให้เหมาะสมก่อนแล้วจึงนำไปเก็บพักรอในบัฟเฟอร์วิธีดังกล่าวมานี้สามารถใช้สวิตช์แบบมีหน่วยเก็บความจำร่วมตามรูปที่ 2.5 ซึ่งแสดงโครงสร้างพื้นฐานของพรีลูดสวิตช์ กลุ่มข้อมูลที่เข้ามาทางด้านเข้าทั้งหมด ลำดับแรกจัดให้อยู่ในลักษณะที่แสดงตามรูปที่ 2.6

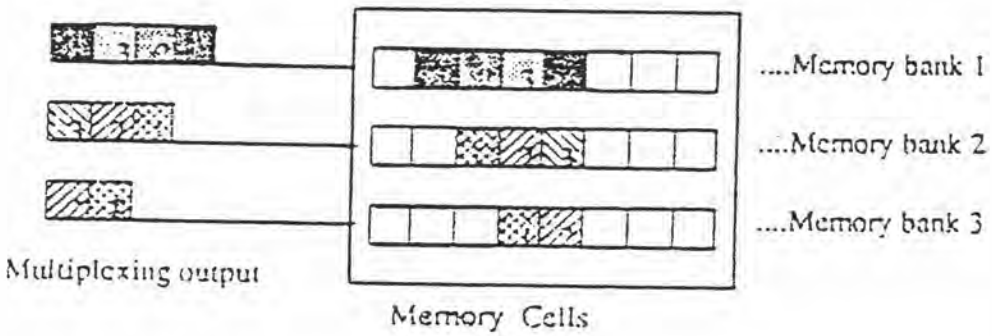


รูปที่ 2.5 โครงสร้างของพรีลูดสวิตช์

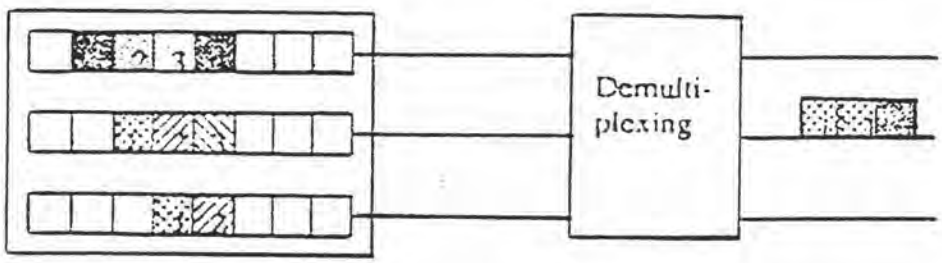


รูปที่ 2.6 การมัลติเพลกซ์แบบอนุกรม-ขนาน

ขอให้สังเกตว่ากลุ่มข้อมูลจะถูกแบ่งเป็นกลุ่มย่อยหลายกลุ่มด้วยกันและจะซิงโครไนซ์กับขอบเขตขนาดเฟรมของกลุ่มข้อมูลย่อย คือความยาวของส่วนหัวกลุ่มข้อมูลย่อย ที่มีขั้นตอนการทำงานด้วยการมัลติเพลกซ์กับกลุ่มข้อมูลอื่นๆ แล้วจึงพิจารณาจัดส่วนหัวของกลุ่มข้อมูลจากทุกด้านเข้าแล้วส่งไปยังชุดควบคุม ชุดควบคุมจะทำการตรวจสอบที่ตารางเส้นทางเพื่อกำหนดให้กลุ่มข้อมูลออกที่เส้นทางใดได้แล้วส่วนหัวของกลุ่มข้อมูลลำดับแรกก็จะถูกแทนที่ด้วยส่วนหัวของกลุ่มข้อมูลใหม่ ซึ่งเป็นลำดับที่จะเลือกเส้นทางต่อไปและเพื่อหลีกเลี่ยงการค้นหากลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์จะทำการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลทั้งหมดเก็บไว้ในหน่วยเก็บความจำร่วมที่ได้จัดเตรียมไว้ แสดงตามรูปที่ 2.7 เพราะฉะนั้นจะสามารถจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลด้านออกได้ ในขณะเดียวกันกับการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลที่ทุกด้านเข้า ขั้นต่อไปทำการดีมัลติเพลกซ์กลุ่มข้อมูลที่จัดเรียงลำดับแล้วจัดส่งออกไปด้านออกตามรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 การจัดที่อยู่ของกลุ่มข้อมูลในหน่วยเก็บความจำร่วม



รูปที่ 2.8 การดีมัลติเพลกซ์กลุ่มข้อมูล

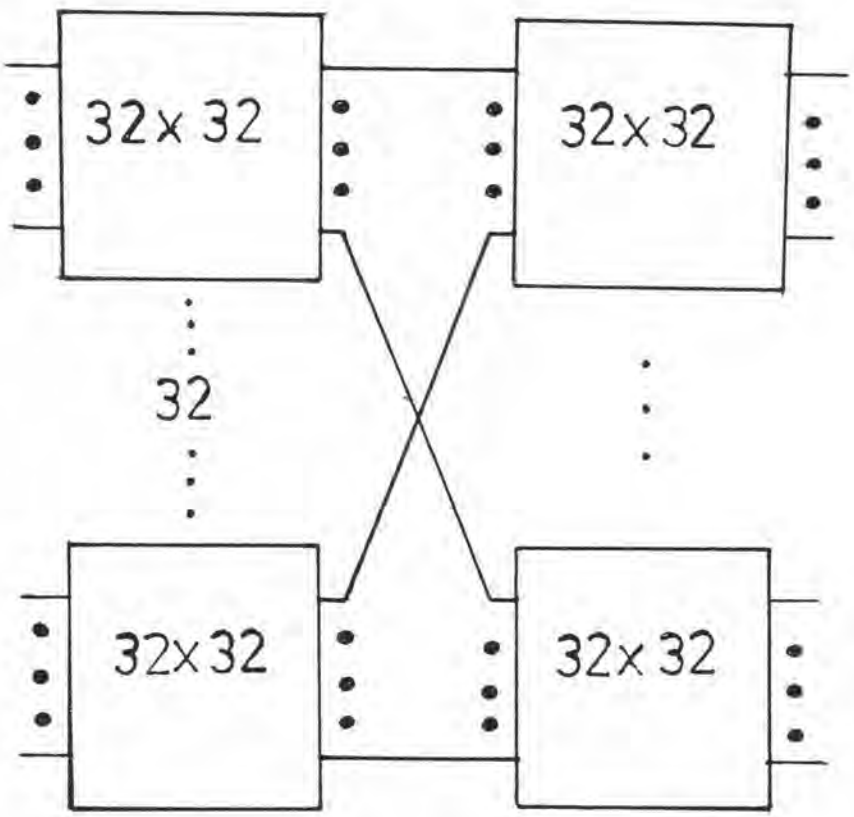
2.11 สวิตช์แบบใช้สื่อกลางการส่งผ่านร่วมกัน

สวิตช์แบบใช้สื่อกลางการส่งผ่านร่วมกันมีลักษณะการทำงานคล้ายกับสวิตช์แบบมีหน่วยเก็บความร่วมกันกลุ่มข้อมูลที่ส่งเข้ามาจะทำการมัลติเพลกซ์แล้วส่งผ่านสื่อกลางร่วมโดยการใช้บัสแทนหน่วยเก็บความจำร่วม การส่งกลุ่มข้อมูลออกจะทำการดีมัลติเพลกซ์เรียงลำดับตามเส้นทาง โครงสร้างของสวิตช์เชื่อมโยงต่อกันด้วยบัสหรือริง สวิตช์จะทำงานตามชั้นของเครือข่ายด้วยระบบสื่อการควบคุมการเข้าถึง (Medium Access Control) และชั้นข่ายเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าระบบการสวิตช์กลุ่มข้อมูลจะทำงานเป็นวงจรสวิตช์ สามารถเปรียบเทียบวิธีการส่งผ่านระหว่างมัลติสเตจและชิงเกิลสเตจสวิตช์ เมื่อนำมาใช้กับสวิตช์แบบมีสื่อกลางร่วม ถ้าเป็นสวิตช์ชนิดชิงเกิลพาทจะมีเส้นทางที่ใช้ร่วมกันจำนวนน้อย อัตราปริมาณงานที่ได้ก็น้อยลงด้วย ดังนั้นจึงใช้มัลติริงหรือมัลติบัสทำเป็นมัลติพาทสวิตช์เพื่อให้สวิตช์ทุกแบบที่ใช้สื่อกลางการส่งผ่านร่วมกันทำหน้าที่เป็นวงจรสวิตช์ได้อย่างสมบูรณ์ สวิตช์ที่ทำงานในลักษณะสื่อกลางการส่งผ่านร่วมกัน ได้แก่ระบบสวิตช์รวมการจัดเส้นทางกลุ่มข้อมูลโดยอัตโนมัติ (Packetized Automated Routing Integrated System) ซึ่งเป็นระบบการสวิตช์กลุ่มข้อมูลชนิดทำงานด้วยความเร็วสูงที่ใช้บัสร่วมกันบัสโปรโตคอล (Bus Protocol)ทั่วไป จะใช้หลักการของวิธีส่งโทเคน (Token-Passing) สามารถใช้ส่งข้อมูล, เสียงและภาพที่เคลื่อนไหวได้ ระบบสวิตช์ประกอบด้วยบัฟเฟอร์ด้านเข้า 4 ชุดทำงานด้วยวิธีการแบบราวด์-โรบิน(Round-Robin)สามารถหลีกเลี่ยงการติดขัดภายใน และการติดขัดด้านออกได้โดยพิจารณาให้มีบัฟเฟอร์ด้านออก สวิตช์แบบนี้การสูญเสียกลุ่มข้อมูลที่ส่งผ่านน้อยกว่า 10^{-8}

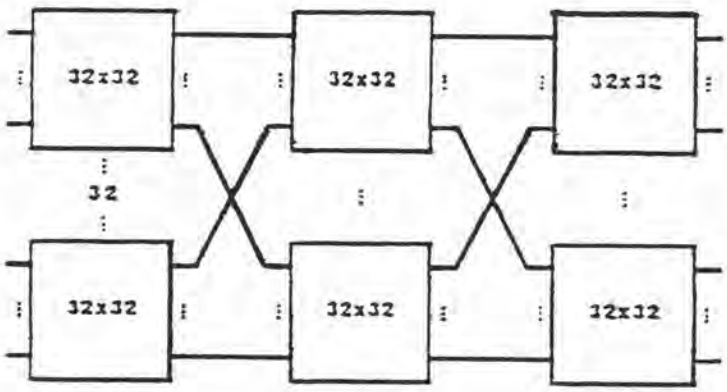
2.12 ลักษณะโครงสร้างของการสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่นำมาใช้ในเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคม

การสวิตช์กลุ่มข้อมูลปกติมีโครงสร้างลักษณะแสดงในวงจรเป็นรูปบล็อก มี N ด้านเข้า และ N ด้านออก ให้กลุ่มข้อมูลเข้าไปยังอุปกรณ์สวิตช์ออกไปยังด้านที่ต้องการเพื่ออธิบายให้เห็นโครงสร้างชัดเจนยิ่งขึ้น สมมุติให้ทุกเส้นทางสามารถส่งจำนวนกลุ่มข้อมูลได้เท่ากันกลุ่มข้อมูลมีความยาวเท่ากัน เวลาที่เข้ามาของกลุ่มข้อมูลที่ด้านเข้าต่างๆ จะกำหนดเวลาให้เข้ามาเป็นร่อง (Slot) โดยที่ขนาดของร่องเท่ากับเวลาที่สามารถส่งกลุ่มข้อมูลออกได้จำนวนหนึ่งกลุ่มข้อมูล การทำงานของสวิตช์เป็นแบบซิงโครนัสและถ้าขณะเวลาเดียวกันมีกลุ่มข้อมูลต้องการออกไปยังปลายทางเดียวกันมากกว่าหนึ่งกลุ่มข้อมูลจะทำให้เกิดปัญหาแย่งกันที่ด้านออก จึงกำหนดให้มีบัฟเฟอร์สำหรับให้กลุ่มข้อมูลพักรอแล้วทยอยส่งออกในแต่ละช่วงร่องเวลา ซึ่งก็เท่ากับว่ากลุ่มข้อมูลมีหน้าที่สองประการ คือจัดเส้นทางและการเก็บพักรอ สวิตช์ที่ดีเลิศทางจินตนาการคือสวิตช์ที่สามารถส่งกลุ่มข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางโดยไม่มีการสูญหายและใช้เวลาในการส่งน้อยที่สุด

หน้าที่ของการสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่ต้องการความเร็วในการส่งในเครือข่ายสื่อสาร-โทรคมนาคมมีลักษณะเหมือนกับการสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่ใช้ในเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพียงแต่การออกแบบสวิตช์ให้ทำงานด้วยความเร็วสูงตามที่ต้องการซึ่งสามารถสร้างอุปกรณ์สวิตช์ได้ตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ รูปที่ 2.9 เป็นการสวิตช์กลุ่มข้อมูลขนาด 1024x1024 อาจจะสร้างโดยใช้สวิตช์ 64(32x32) ต่อกันสองสเตจ มีเส้นทางผ่านภายในเส้นทางเดียวสำหรับคู่ของด้านเข้าต่อด้านออก และสามารถที่จะทำการขยายเป็นสามสเตจตามรูปที่ 2.10 ประกอบด้วย 96 โมดูลสวิตช์มีเส้นทางภายใน 32 เส้นทางต่อระหว่างด้านเข้าต่อด้านออกหนึ่งคู่



รูปที่ 2.9 การต่อ 32x32 สวิตช์แบบสองสเตจ



รูปที่ 2.10 การต่อ 32x32 สวิตช์แบบสามสเตจ

2.13 ย่านบรอดแบนด์ของการสวิตช์กลุ่มข้อมูลแบบส่งผ่านด้วยความเร็วสูง

การออกแบบเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมรองรับการส่งข่าวสารหรือกลุ่มข้อมูลที่มีแบนด์วิดท์กว้างมากไม่สามารถที่จะส่งในระบบวิทยุหรือสายได้ จึงพิจารณาใช้การติดต่อสื่อสารด้วยแสงซึ่งมีองค์ประกอบส่วนสำคัญคือเลเซอร์และใยแก้ว เมื่อเลเซอร์ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงร่วมนัย (Coherent Optical Source) จะสามารถทำงานเป็นสวิตช์ปิดเปิดได้ด้วยอัตราความเร็วสูงและใช้กับแบนด์วิดท์สูงในย่านความถี่ของแสง เส้นใยจำเป็นต้องใช้สื่อกลางที่จะนำสัญญาณแสงให้ไปได้ระยะทางไกลๆ และเกิดการลดทอนของสัญญาณเพียงเล็กน้อยโดยการรวมวิวัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีของเลเซอร์และเส้นใยโมดเดียว (Single Mode Fiber) ทำให้สามารถส่งข้อมูลไปได้ระยะทางไกลกว่าเดิม เช่น ถ้าใช้เลเซอร์ชนิดความยาวคลื่นเดียว (Single Wavelength Laser) อัตราความเร็วในการส่งข้อมูลเท่ากับ 4 Gb/s ไปได้ระยะทาง 100 กิโลเมตรโดยไม่ใช้ชุดทวนสัญญาณ

เมื่อนำเทคโนโลยีในการส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงผ่านเส้นใยนำแสง (Optical Fiber) มาใช้สามารถส่งผ่านข้อมูลของข่าวสารได้หลายอย่าง จึงต้องการแบนด์วิดท์สูงกว่าที่ใช้ในเครือข่ายปัจจุบัน ดังเช่นเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมที่ใช้ส่งผ่านสัญญาณวิดีโอที่มีประสิทธิภาพสูง แต่เดิมจะเห็นว่ามาตรฐานของสัญญาณวิดีโอมีแบนด์วิดท์ 6 MHz ส่งแบบแอนะลอก ส่งด้วยความเร็วประมาณ 100 Mb/s ปัจจุบันใช้ระบบที่ทันสมัยกว่าคือ เอชดีทีวี (High-Difinition-Television) ใช้สัญญาณแอนะลอกมีแบนด์วิดท์ 27 MHz ส่งด้วยความเร็ว 600 Mb/s ถึง 1 Gb/s ซึ่งเป็นการนำระบบการสวิตช์กลุ่มข้อมูลมาใช้กับสื่อสารทางด้านแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในขณะนี้เทคโนโลยีของเส้นใยนำแสงมีบทบาทอย่างมากในการรับส่งข่าวสารหรือกลุ่มข้อมูลด้วยความเร็วสูงและจำเป็นต้องกำหนดแบนด์วิดท์สำหรับที่จะใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบสร้างเครือข่ายที่ใช้กับแบนด์วิดท์สูงยังคงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการใช้งานปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตามการติดขัดของเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมสภาพคอขวดยังเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยาก ซึ่งต้องพยายามหาวิธีการลดปัญหานี้ให้เหลือน้อยที่สุด เครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมที่ใช้ความเร็วในการทำงานสามารถที่จะใช้รับส่งสัญญาณร่วมกันได้ทั้งเสียง, ข้อมูล, ภาพเคลื่อนไหว และ ภาพนิ่ง อุปกรณ์สวิตช์ที่ใช้ส่วนมากในระบบรวมการบริการระบบดิจิตอลที่นิยมในปัจจุบัน คือ ระบบการสวิตช์กลุ่มข้อมูล การติดต่อสื่อสารโทรคมนาคมใช้การสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่รู้จักกันในนามของเอทีเอ็มสวิตช์ (Asynchronous Transfer Mode) [17] ซึ่งมีขนาดความยาวของกลุ่มข้อมูล 53 ไบต์ แบ่งเป็น 5 ไบต์สำหรับควบคุมข่าวสารและ 48 ไบต์เป็นข้อมูล ปัจจุบันจึงเป็นที่นิยมสร้างระบบการสวิตช์กลุ่มข้อมูลให้รับส่งกลุ่มข้อมูลด้วยความเร็ว 100,000 ถึง 1,000,000 กลุ่มข้อมูลต่อวินาทีต่อเส้นทาง ด้วยวิธีการใช้เทคโนโลยีของวีแอลเอสไอ

ที่กล่าวมาในบทที่ 2 นี้ทำให้ทราบถึงพื้นฐานโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของอุปกรณ์สวิตช์แบบต่างๆ พร้อมทั้งคุณสมบัติของสวิตช์ที่นำมาใช้ในเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมปัจจุบัน บทต่อไปจะนำทฤษฎีแถวคอยมาวิเคราะห์การจัดแถวคอยให้กับระบบการสวิตช์กลุ่มข้อมูล และนำมาประยุกต์ใช้เป็นเส้นทางผ่านภายในอุปกรณ์สวิตช์ เพื่อให้ระบบการสวิตช์กลุ่มข้อมูลมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น