

Cisco IP over DWDM

นำเสนอบริการไอพีหลากหลายรูปแบบ ด้วยความสามารถของ Network Convergence บนโครงข่ายใยแก้วนำแสง



ปัจจุบัน เหตุการณ์สำคัญสองอย่างที่คอยกระตุ้นให้เน็ตเวิร์กแกนกลางมีความสามารถสูงขึ้นเรื่อยๆ ได้แก่ การควมรวมบริการส่งข้อมูล เสียงสนทนา และวิดีโอไว้ร่วมกันบนเน็ตเวิร์ก (Network Convergence) และความต้องการแบนด์วิดท์ที่เพิ่มขึ้นของทราฟฟิก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับทราฟฟิกวิดีโอในรูปแบบต่างๆ เช่น IPTV หรือวิดีโอคอนเฟอเรนซ์ ซึ่งในตลาดผู้ให้บริการทั่วโลกนั้น แนวโน้มปรากฏว่าบริการประเภทต่างๆ อย่าง Frame Relay และ ATM กำลังจะถูกแทนที่ด้วยบริการบนเทคโนโลยี MPLS (Multiprotocol Label Switching) ขณะเดียวกันการที่ผู้ให้บริการหลายๆ รายทยอยควมรวมเน็ตเวิร์กทั้งในส่วนที่ให้บริการธุรกิจ และส่วนที่ให้บริการผู้ใช้ตามบ้านเข้าไว้บนเน็ตเวิร์กเดียว ก็ส่งผลให้ความต้องการแบนด์วิดท์ในเน็ตเวิร์กที่แกนกลางสูงขึ้นไปอีก

DWDM เป็นเทคโนโลยีที่ควมรวมไอพีแอปพลิเคชันต่างๆ ให้ทำงานบนระบบโครงสร้างพื้นฐานเดียวกันได้

ความโน้มเอียงในเรื่องการควมรวมเน็ตเวิร์กเปิดโอกาสให้ผู้ให้บริการและองค์กรขนาดใหญ่สามารถลดความซับซ้อนของเน็ตเวิร์กที่ใช้อยู่ลง โดยวิธีควมรวมอุปกรณ์เน็ตเวิร์กประเภทออปติก และ IP/MPLS เข้าไว้เป็นหน่วยเดียวกัน ซึ่งทุกวันนี้ โครงข่ายใยแก้วนำแสงในเขตเมือง (รวมถึงโครงข่ายส่งข้อมูลระยะไกล หรือ Long Haul) ได้รับการสร้างขึ้นเพื่อรองรับโพรโตคอล SONET/SDH ดังเดิมเป็นหลัก และในช่วงต้นทศวรรษที่ 90 SONET และ SDH ก็กลายเป็นเทคโนโลยียอดนิยมสำหรับขนส่งข้อมูล และเสียงสนทนาที่มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือด้วยการพึ่งพาเทคนิคที่เรียกว่า TDM (Time-Division Multiplexing)

ทั้งนี้ SONET/SDH จะรับผิดชอบหน้าที่สำคัญ 3 อย่าง ได้แก่ หนึ่งจัดเตรียมทราฟฟิกจากลิงก์ที่วิ่งช้ากว่า (เช่น T1/E1 หรือ T3/E3) ไปสู่ลิงก์ที่วิ่งเร็วกว่า สองป้องกันทราฟฟิกสูญหายจากภาวะลิงก์ล่ม พร้อมกอบกู้ลิงก์หรือเส้นทางส่งข้อมูลจากภาวะล่ม และสามเป็นกลไกสำหรับบริหารจัดการ เผ่าติดตาม และควบคุมทราฟฟิกจากศูนย์กลาง

กิ่งราว DWDM

ต่อมาเทคโนโลยี DWDM (Dense Wavelength-Division Multiplexing) ก็ได้รับการคิดค้น เพื่อเพิ่มปริมาณการส่งข้อมูลในโครงข่ายใยแก้วนำแสงต่อเที่ยวให้สูงขึ้น โดยใช้วิธีมัลติเพล็กซ์คลื่นแสงหลายๆ ความยาวช่วงคลื่นรวมกันบนสายใยแก้วเส้นเดียวสำหรับโครงข่ายส่งข้อมูลระยะไกล และโครงข่ายใยแก้วนำแสงในเขตเมือง เดิมทีผู้ให้บริการและองค์กรขนาดใหญ่จะอยู่ในสถานะที่ต้องลงทุนซื้ออุปกรณ์เน็ตเวิร์กเพิ่มเติมอีกถึงสามเลเยอร์สำหรับรองรับปริมาณทราฟฟิกไอพีที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ IP/MPLS Router, SONET/SDH ADM (Add/Drop Multiplexing) และตบท้ายด้วยระบบโครงสร้างพื้นฐาน DWDM ซึ่งทำให้ยุ่งยากในการติดตั้งระบบ บริหารจัดการ รวมถึงการปรับคอนฟิกูเรชันที่ซับซ้อนยิ่ง

ทุกวันนี้จึงไม่น่าแปลกใจว่า ทั้งผู้ให้บริการและองค์กรขนาดใหญ่พยายามสรรหาหนทางที่ไม่เพียงลดต้นทุนของการสร้างเน็ตเวิร์กและบริหารจัดการเท่านั้น หากยังเป็นไปเพื่อสร้างบริการใหม่ๆ ให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะฉะนั้น โซลูชันใหม่ใดๆ ก็ตามที่ใช้สำหรับ DWDM จึงต้องอิงกับเงื่อนไขทางธุรกิจและเทคนิคของทั้งเน็ตเวิร์กส่วนแกนกลาง ตลอดจนโครงข่ายใยแก้วนำแสงในเขตเมืองเป็นหลัก

เนื่องจากผู้ให้บริการประจำภูมิภาค และ POP (Point of Presence) ที่เน็ตเวิร์กแกนกลางมักตั้งช่วงห่างกันเป็น

ร้อยๆ กิโลเมตร อินเทอร์เน็ตที่เราเตอร์จึงต้องมีระบบตรวจจับ และแก้ไขข้อผิดพลาดที่เก่งกาจเป็นพิเศษ ส่วนเงื่อนไขทางเทคนิคของเมโทรเน็ตเวิร์กจะเข้มงวดน้อยกว่า เนื่องจากระยะห่างระหว่างสองสถานีสั้นกว่า โดยปกติแล้วจะไม่ถึงร้อยกิโลเมตร นอกจากนี้ ผู้ให้บริการยังต้องพึ่งโซลูชันที่แกนกลางอีกอันหนึ่ง ใ้ผนวกรวมกับกระบวนการทางธุรกิจที่เรียกว่า OAM&P (Operations, Administration, Maintenance, and Provisioning) ดังนั้น โครงข่ายใยแก้วนำแสงที่ใช้จึงต้องรองรับมาตรฐาน ITU G.709 อย่างเลี่ยงไม่พ้น

ด้วยเราเตอร์ Core Layer และ Aggregation Layer ซึ่งเป็นตัวเทอร์มินเนตทราฟฟิกไอพีที่กิกะบิตอีเธอร์เน็ต และ 10 กิกะบิตอีเธอร์เน็ตยุคปัจจุบัน กระบวนการเตรียมพร้อมทราฟฟิกที่แต่ก่อนเป็นหน้าที่ของ SONET/SDH จึงแทบหมดความจำเป็น โดยเฉพาะความโน้มเอียงที่อินเทอร์เน็ตเฟซิกะบิตอีเธอร์เน็ตเริ่มปรากฏในเราเตอร์ใหม่ๆ มากขึ้น ส่งผลให้กระบวนการปกป้องทราฟฟิก (Traffic Protection) สามารถกระทำบนเราเตอร์และอินเทอร์เน็ตเฟซของเราเตอร์ผ่านกลไกนานาชนิด เช่น G.709 Framing และ FRR (Fast ReRoute) ได้แล้ว หรือในโครงข่ายใยแก้วนำแสงในเขตเมือง ผู้ให้บริการจะใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติการทำไหลดบาลานซ์ ECMP (Equal Cost MultiPath) ซึ่งมีอยู่ในแพลตฟอร์มเราเตอร์/สวิตช์เช่นกัน ดังนั้น เราจึงมีทางเลือกในการขนส่งทราฟฟิกไอพีที่เชื่อถือได้และมีประสิทธิภาพผ่าน DWDM ตรงๆ โดยไม่ต้องเสียเงินเพิ่มเลเยอร์อุปกรณ์เน็ตเวิร์กอีกต่อไป

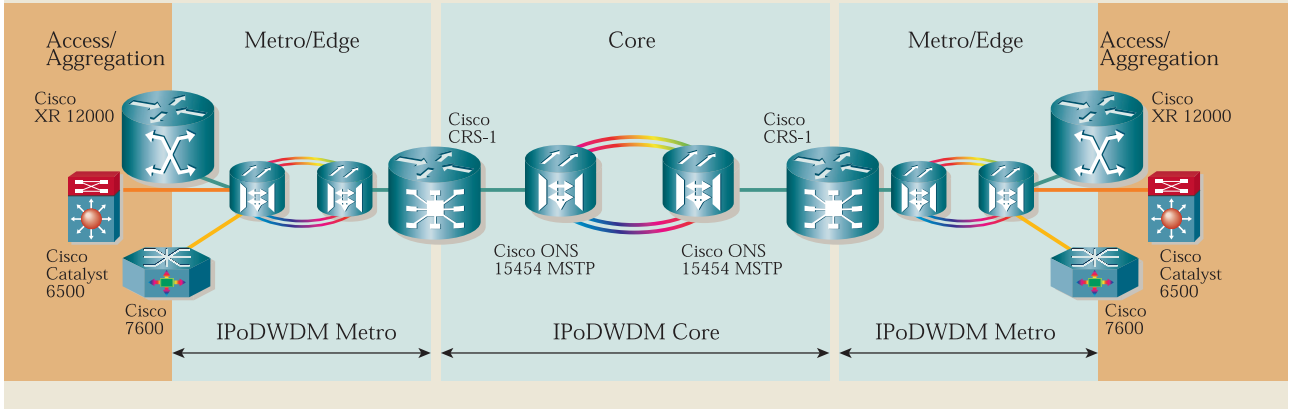
บริการแบบแยก หรือควมรวมดี?

โซลูชัน Cisco IPoDWDM สนับสนุนโมเดลการบริหารเน็ตเวิร์กที่หลากหลายรูปแบบ ขึ้นกับความพอใจของทางผู้ให้บริการ สืบเนื่องจากหน่วยปฏิบัติการของผู้ให้บริการ โดยมากแบ่งเป็นฝ่ายบริหารเน็ตเวิร์กเลเยอร์ (IP) และฝ่ายบริหารทรานสปอร์ตเลเยอร์ ดังนั้น เครื่องมือ OAM&P ใน Cisco CRS-1 และ MSTP จึงได้รับการออกแบบให้ครอบคลุมการบริหารทั้งแบบแยกสองฝ่ายออกจากกัน และแบบควมรวมสองฝ่ายเข้าด้วยกัน สมบูรณ์พร้อมในหนึ่งเดียว

เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการทรานสปอร์ตจะสามารถเข้าถึงและควบคุมการคอนฟิกออปติคอลเน็ตเวิร์กได้ ขณะที่เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการไอพีก็สามารถบริหารและควบคุมการคอนฟิกเน็ตเวิร์กในเลเยอร์ 2 และ 3 บนระบบ CRS-1 ได้เช่นกัน เครื่องมือต่างๆ ของ Cisco IPoDWDM นั้นเข้ากันได้กับซอฟต์แวร์บริหารเน็ตเวิร์กทั้งของเฮร์ดปาร์ต หรือแพคเกจของผู้ให้บริการที่พัฒนาขึ้นเอง โดยรองรับ TL-1, CORBA และ Simple Network Management Protocol (SNMP) ส่วนการติดต่อสั่งงานจะกระทำผ่าน XML, CLI และ HTTP/S

ที่คล้ายกันของเมโทรเน็ตเวิร์กคือผู้ให้บริการสามารถเลือกให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการไอพีเป็นผู้ดูแลซัพพอร์ตคอลเน็ตเวิร์กผ่านโมดูลออปติกบนเราเตอร์และสวิตช์ของซิสโก้ (หรือใช้ MSTP กรณีที่ต้องการใช้โมดูลออปติคอลเน็ตเวิร์กมีความยืดหยุ่นมากขึ้น) พร้อมให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการทรานสปอร์ตบริหารดูแล MSTP และโครงข่าย DWDM แยกกันได้หากต้องการ

Cisco IPoDWDWM Framework



โซลูชัน Cisco IPoDWDWM ครอบคลุมฟังก์ชันของทรานส์พอร์เตอร์ไว้ภายใน CRS-1 และมอบคุณสมบัติในการบริหารความยาวคลื่นบน ROADMs เพื่อความสะดวกในการขยายแบนด์วิธ ลดความซับซ้อน ตลอดจนการเสนอเซอร์วิสใหม่ๆ สู้ลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว

โซลูชัน Cisco IP over DWDM

เดือนธันวาคม 2005 ซีสโก้ได้ประกาศตัวโซลูชัน IP over DWDM (IPoDWDWM) ซึ่งใช้ประโยชน์จากการผสมผสานฮาร์ดแวร์เกี่ยวกับไอพีและ DWDM ที่ทำงานบนเน็ตเวิร์กเลเยอร์เพื่อลดค่าใช้จ่าย เพิ่มความน่าเชื่อถือของเน็ตเวิร์ก และเพิ่มความเร็วในการเสนอบริการใหม่ๆ แก่ลูกค้า ที่สำคัญสิ่งที่มาควบคู่กับการประกาศตัวคราวนั้นยังรวมไปถึงอินเทอร์เน็ตพlexโมดูล 10 กิกะบิตอีเธอร์เน็ต 4 พอร์ต (10 Gigabit Ethernet Tunable WDMPHY) และอินเทอร์เน็ตพlexโมดูล 40-Gbit/s DWDM หนึ่งพอร์ต (OC-768c/STM-256c Tunable WDMPOS) สำหรับระบบ Cisco CRS-1 Carrier Routing System ด้วย

OC-768c/STM-256c Tunable WDMPOS จะใช้เทคนิคการมอดูเลตสัญญาณแบบพิเศษที่ให้ทรูพุตการส่งข้อมูลสูงสุดถึง 40 กิกะบิตต่อวินาทีบนโครงข่ายใยแก้วความเร็ว 10 กิกะบิตต่อวินาที ขณะที่ 10 Gigabit Ethernet Tunable WDMPHY จะช่วยให้ Cisco CRS-1 สามารถเชื่อมต่อตรงกับระบบ 10 Gbit/s DWDM ที่องค์กรมีอยู่แล้วได้ พร้อมมอบคุณสมบัติ OAM&P ซึ่งมีลักษณะคล้าย SONET/SDH มากทีเดียว

โมดูลทั้งคู่นับสนุนการส่งข้อมูลบนแถบความถี่ ITU C-Band ที่เว้นช่วงห่างแต่ละสเปกตรัม 50 กิกะเฮิรตซ์ และระบบ Enhanced Forward Error Correction (EFEC) ที่ขยายระยะส่งข้อมูลโดยปราศจากการทวนสัญญาณได้ไกลสุดถึง 1,000 กิโลเมตร

ในกรณีของเมโทรเน็ตเวิร์ก ทางซีสโก้พัฒนาอินเทอร์เน็ตพlexโมดูลแบบออปติกสำหรับสวิตช์ Catalyst และเราเตอร์ซีรีส์ 7600 ออกมาสองรุ่น ได้แก่ Cisco DWDM XENPAK ที่สนับสนุน 10GBASE Ethernet และ Cisco DWDM

Gigabit Interface Converter (GBIC) ที่สนับสนุนกิกะบิตอีเธอร์เน็ต ทั้งนี้ คุณสามารถติดตั้งใช้งานอินเทอร์เน็ตพlexโมดูลทั้งคู่ได้ทันที โดยไม่ต้องปิดสวิตช์หรือเราเตอร์ก่อน และควบคุมสั่งการได้โดยใช้ความยาวคลื่น (Wavelength) 1 ใน 32 ช่วงความยาวคลื่นแสงที่รองรับ

อินเทอร์เน็ตพlexโมดูลที่เข้ากันได้กับมาตรฐานของ ITU เหล่านี้ ทำให้เราเตอร์และสวิตช์ของซีสโก้เชื่อมต่อตรงกับระบบ DWDM ที่ติดตั้งบนฝั่งขอบเมโทรเน็ตเวิร์กและแกนกลางเน็ตเวิร์กได้ทันที โดยไม่ต้องพึ่งพาอุปกรณ์ทรานส์พอร์เตอร์ราคาแพง ณ ตำแหน่งที่ตั้งเหล่านั้นอีก

และสิ่งที่เติมเต็มความสมบูรณ์ของโซลูชัน IPoDWDWM ก็คงหนีไม่พ้น Cisco ONS 15454 Multiservice Transport Platform (MSTP) ซึ่งรองรับโทโพโลยีของโครงข่าย DWDM ได้ทั้งแบบ Point-to-Point และ Ring อีกทั้งผนวกความสามารถของการสวิตช์สัญญาณแสงเข้าไปผ่านระบบ Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer (ROADM) ด้วยคุณสมบัติต่างๆ ที่กล่าวมาทำให้แพลตฟอร์มนี้ครบเครื่องทุกความง่ายในการวางแผนติดตั้ง และใช้งาน IPoDWDWM เลยทีเดียว

คำใช้ง่ายการส่งทุกที่ถูกลง

โซลูชัน IPoDWDWM ของซีสโก้สามารถลดการพึ่งพาอุปกรณ์เน็ตเวิร์กราคาแพงใน POP ได้อย่างเห็นผล เท่าที่ผ่านมา การเชื่อมต่ออปติกใน POP ด้วยกันเองจะใช้ Short-Reach Optic ความยาวคลื่น 1,310 นาโนเมตร (หรือ "Gray Light") ส่วนสัญญาณ Long-Reach หรือ "Colored Light" จะวิ่งเข้าสู่ POP ผ่านวงจร 10-Gbit/s SONET/SDH ซึ่งมีผลดีเพิกซ์ผ่าน DWDM ลงบนสายใยแก้วนำแสง

ต่อจากนั้น สัญญาณเหล่านั้นจะผ่านกระบวนการ Demultiplex และป้อนเข้าสู่ทรานส์ปอนเดอร์บนตู้แรกซึ่งทำหน้าที่แปลงรูปสัญญาณจากแสงเป็นไฟฟ้า แล้วจากไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง Short-Reach (เรียกกระบวนการนี้ว่า OEO Conversion) อีกทอดหนึ่ง เพื่อป้อนสัญญาณผ่านเข้าไปในอุปกรณ์ SONET/SDH Cross-Connect หรือแพตช์พานแนล ก่อนจะไปสิ้นสุดตรงเราเตอร์ หรือถูกสวิตช์ไปยัง POP แห่งถัดไป

แต่ด้วยคุณสมบัติทรานส์ปอนเดอร์ใน Cisco CRS-1 และคุณสมบัติ ROADM ใน MSTP ต่อไปนี้การใช้ทรานส์ปอนเดอร์ภายนอก อุปกรณ์ออปติคัลครอสคอนเนกต์ หรือแพตช์พานแนลก็ไม่ใช่อุปกรณ์จำเป็นแล้ว จึงช่วยให้คุณ ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายลงได้มากถึงร้อยละ 50 ในบางกรณี พร้อมลดความซับซ้อนของเน็ตเวิร์กได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน

การลดความซับซ้อนของเน็ตเวิร์กโดยใช้โซลูชัน IPoDWDM ของซิสโก้จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานต่างๆ แก่ผู้ให้บริการและองค์กรธุรกิจขนาดใหญ่ได้ ซึ่งการที่ไม่ต้องใช้ทรานส์ปอนเดอร์แยกชิ้นนั้นช่วยลดความต้องการใช้ไฟฟ้า การทำความเย็น และพื้นที่ตู้แรกในสำนักงานกลาง หรือ POP อีกทั้งการพึ่งอุปกรณ์เน็ตเวิร์กน้อยชิ้นลง ยังจะลดโอกาสเกิดจุดเสียบนเน็ตเวิร์ก ส่งผลให้เน็ตเวิร์กมีความน่าเชื่อถือขึ้น และค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ต่ำลงเป็นเงาตามตัว

นอกจากนี้ ผู้ให้บริการมีทางเลือกในการลดภาระการจัดการเน็ตเวิร์กแกนกลาง โดยควรวางแผนดูแลทั้งในส่วนเน็ตเวิร์กเลเยอร์ และทรานส์พอร์ตเลเยอร์เข้าเป็นหนึ่ง (ดูกรอบ “บริหารแบบแยก หรือควรวางแผน?”) โดยซิสโก้ได้พัฒนาเครื่องมือบริหารวงจรชีวิตการปฏิบัติงานเน็ตเวิร์กขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกในการวางแผน ติดตั้ง และปฏิบัติงานบนเมโทรเน็ตเวิร์ก รวมถึงเน็ตเวิร์กแกนกลางแห่งหนึ่งที่น่าสนใจก็คือ เครื่องมือเหล่านี้จะรวมความยาวคลื่นแสงจากพอร์ต DWDM บนเราเตอร์ผ่านทางออปติคัลทรานส์พอร์ตเลเยอร์ ซึ่งแต่เดิม การแก้ไขรูปแบบทราฟฟิกใดๆ จำเป็นต้องมีการวางแผนล่วงหน้า อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงในส่วนของเราวิสิส เช่น การเพิ่มฟิลด์เตอร์ หรืออุปกรณ์ OADM เข้าไปใน POP ก็จำเป็นต้องทำแบบแมนนวล และมักทำให้เราวิสิสที่ดำเนินอยู่หยุดชะงัก แต่เมื่อใช้ MSTP ผู้ให้บริการและองค์กรขนาดใหญ่จะสามารถเข้ามาเพิ่มเติม ตัดทิ้ง หรือแก้ไขความยาวคลื่นบนสายใยแก้วจากระยะไกลได้ เพื่อตอบสนองเงื่อนไขของเน็ตเวิร์ก หรือเราวิสิสที่เปลี่ยนแปลงไปตามต้องการ

เพิ่มความไม่สะดุดหยุดนิ่งของเน็ตเวิร์ก

ฟังก์ชัน IPoDWDM ใน Cisco CRS-1 จะสอดคล้องกับมาตรฐาน ITU G.709 Optical Transport Network (OTN) ซึ่งรองรับการบริหารสมรรถนะของการเชื่อมต่อ SONET/SDH เต็มรูปแบบ พร้อมให้การอินเทอร์เฟซกับชั้นเลเยอร์ DWDM โดยตรง ด้วยเหตุนี้ Cisco CRS-1 จึงสามารถเฝ้าติดตามเส้นทางส่งข้อมูลแสงทั้งหมดระหว่างต้นทางกับปลายทาง เพื่อระบุเส้นทางที่เสื่อมคุณภาพลงอันเนื่องจากสภาพแวดล้อม ฮาร์ดแวร์ หรือปัจจัยอื่นๆ ได้

โดยวิธีสังเกตได้คือ Forward Error Correction (FEC) อุปกรณ์ Cisco CRS-1 จะระบุได้ว่าเมื่อใดที่อัตราข้อผิดพลาดในการส่งข้อมูลสูงเกินค่าขีดเริ่ม 50 มิลลิวินาที ก็จะสั่งให้เราเตอร์ปรับค่าคอนฟิก (เช่นค่า FRR) ของตัวเองใหม่เพื่อสลับส่งข้อมูลบนเส้นทางสำรองล่วงหน้าก่อนที่เส้นทางหลักล้ม ซึ่งเป็นการหลีกเลี่ยงภาวะทราฟฟิกหยุดชะงัก ความสามารถนี้อาจเปรียบได้กับ (หรือทำงานดีกว่า) กลไก Failover บนระบบ SONET/SDH เนื่องจากใช้เฟรมโอเวอร์เฮดน้อยกว่า

FEC เวอร์ชันสำหรับ Cisco IPoDWDM (EFEC) จะมีคุณสมบัติสูงกว่า FEC ที่ระบุไว้ในมาตรฐาน G.709 (GFEC) โดยผู้ดูแลระบบสามารถกำหนดให้อินเทอร์เฟซของเราเตอร์ใช้ EFEC ซึ่งทำให้สัญญาณ DWDM บนอินเทอร์เฟซของ Cisco CRS-1 ถูกส่งไปได้ไกลถึงประมาณ 1,000 กิโลเมตร (621 ไมล์) โดยไม่พึ่งอุปกรณ์ทวนสัญญาณตามรายการข้างต้นว่าซิสโก้เป็นผู้ผลิตเจ้าแรกที่ทำได้ขนาดนี้

สำหรับเมโทรเน็ตเวิร์ก ออปติคัลอินเทอร์เฟซโมดูลของซิสโก้สนับสนุน Digital Optical Monitoring (DOM) ซึ่งเป็นมาตรฐานสากลที่ระบุจุดออปติคัลอินเทอร์เฟซที่ใช้เข้าถึง และเฝ้าตรวจสอบพารามิเตอร์การทำงานต่างๆ ของอุปกรณ์รับส่งข้อมูล โดยเจ้าหน้าที่ดูแลเมโทรเน็ตเวิร์กจะอาศัย DOM ในการเฝ้าตรวจสอบ และแก้ไขปัญหาของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลในระหว่างช่วงเวลาให้บริการ เพื่อให้เน็ตเวิร์กทำงานได้อย่างต่อเนื่องสูงสุด ■

อ่านเพิ่มเติม

- Cisco IPoDWDM Solution for IP NGN cisco.com/packet/182_7b1
- Cisco CRS-1 Carrier Routing System cisco.com/packet/182_7b2
- Cisco ONS 15454 Multiservice Transport Platform cisco.com/packet/182_7b3