



รวมฮิตคำถามที่คุณควรรู้ เกี่ยวกับสายใยแก้วนำแสง

จากศูนย์ช่วยเหลือทางเทคนิคของเรา

FLUKE
networks®

สารบัญ

บทนำ	3
1. จะมีการสูญเสียพลังงานบนลิงก์ได้มากถึงเท่าไร? จะคำนวณขีดจำกัดมูลค่ารวมที่สูญเสียได้อย่างไร? ...	4
2. จะนำลิงก์ไปใช้กับรูปแบบการใช้งานที่ต้องการได้หรือไม่?	6
3. จะอ่านรายงานผลการทดสอบได้อย่างไร?	8
4. สีแต่ละสีหมายความว่าอย่างไรบ้าง?	11
5. ทำไมค่าการสูญเสียที่วัดได้มีทั้งค่าที่เป็นบวกและค่าที่เป็นลบ?	13
6. จะตั้งค่าจัมเปอร์อ้างอิงได้อย่างไร?	14
7. วิธีใดที่ใช้ทำความสะอาดสายใยแก้วนำแสงได้ดีที่สุด?	17
8. จะหาตำแหน่งสายหักหรือบิดงอบนเส้นใยแก้วนำแสงได้อย่างไร?	19
ประมวลศัพท์	22
เครื่องมือสำหรับทดสอบและแก้ปัญหาสายใยแก้วนำแสง	25
ข้อมูลอ้างอิง	26

บทนำ

จากประสบการณ์ที่เรา
ช่วยเหลือลูกค้าในการทดสอบ
สายใยแก้วนำแสงมากกว่า 25 ปีนั้น
ร่วมกับประสบการณ์ของทีมงาน
ซัพพอร์ตทางเทคนิคของเรา
ในปัจจุบันที่รวมกันกว่า 200 ปี
มีคำถามมากมายที่เคยให้ความ
ช่วยเหลือ โดยเฉพาะคำถาม
ที่พบบ่อยมากที่สุดดังต่อไปนี้



1. ลิงก์มีการสูญเสียพลังงานมากขนาดไหน? เราจะคำนวณเกณฑ์การสูญเสียรวม (Loss Budget) ได้อย่างไร?

เมื่อคุณส่งสัญญาณไปยังปลายอีกด้านหนึ่งของสายไฟเบอร์ สัญญาณที่โผล่ออกมาที่ปลายอีกด้านย่อมอ่อนกำลังกว่าเดิมเสมอ ซึ่งความแตกต่างระหว่างสัญญาณขาเข้าและขาออกนี้เรียกว่า Insertion Loss

ค่าความสูญเสียนี้แสดงออกมาในหน่วยเดซิเบลหรือ dB โดยที่ครึ่งหนึ่งของค่ากำลังสัญญาณจะเท่ากับ 3 dB ดังนั้น ถ้าสัญญาณขาออกเหลือความแรงเพียงครึ่งหนึ่งของขาเข้า ค่าความสูญเสียจะเท่ากับ 3 dB แต่ถ้าสัญญาณเหลือความแรงแค่ 1 ใน 4 ค่าความสูญเสียก็จะเท่ากับ 6 dB เป็นต้น

ทั้งทาง TIA และ ISO ได้นิยามเกณฑ์ขั้นต่ำของค่าความสูญเสีย หรือมูลค่าการสูญเสียรวมที่เกิดขึ้นอิงจากความยาวของสายไฟเบอร์และจำนวนหัวต่อและ Splice เอาไว้ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวมีหลายเวอร์ชันสำหรับหัวต่อและสายไฟเบอร์แต่ละชนิด ดังนั้นจากตัวอย่าง เราใช้สายไฟเบอร์แบบมัลติโหมด OM5 ที่มีเกณฑ์เดียวกันจากทั้ง TIA และ ISO (ตามตารางที่ 1) ซึ่งการคำนวณที่การสูญเสียรวมทั้งหมดนั้น จะคำนวณได้จากสูตรด้านล่าง

	Multimode OM5
Fiber loss	3.0 dB / km
Connector loss	0.75 dB
Splice loss	0.3 dB

ตารางที่ 1

เกณฑ์ค่าความสูญเสียสำหรับสายไฟเบอร์มัลติโหมดแบบ OM5 และมาตรฐานเกรดหัวต่ออ้างอิงตามมาตรฐานของ TIA และ ISO

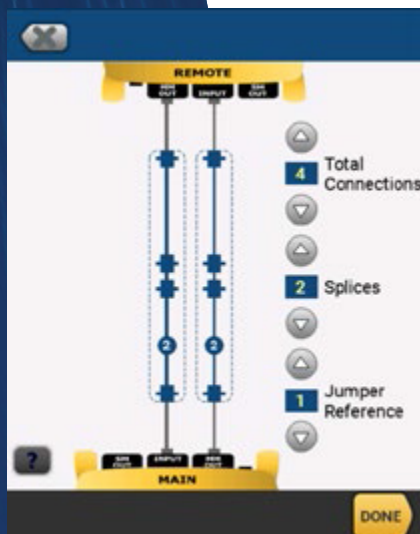
Loss budget	=	Fiber length in km	X	3.0 dB	+	Number of mated connectors	X	0.75 dB	+	Number of splices	X	0.3dB
-------------	---	--------------------	---	--------	---	----------------------------	---	---------	---	-------------------	---	-------

ถ้าสายมีความยาว 250 เมตร หัวต่อ 4 หัว และ 2 Splice แล้ว ค่าเกณฑ์ความสูญเสียรวมจะเท่ากับด้านล่าง

4.35 dB	=	0.25 km	X	3.0 dB	+	4	X	0.75 dB	+	2	X	0.3dB
Loss budget	=	Fiber length in km	X	3.0 dB	+	Number of mated connectors	X	0.75 dB	+	Number of splices	X	0.3dB

ถ้าคุณวัดความสูญเสียของลิงก์ได้ 4.35 dB หรือน้อยกว่าแล้ว เท่ากับผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งอุปกรณ์ CertFiber™ Pro ของเราสามารถคำนวณเกณฑ์การสูญเสียรวมที่แม่นยำให้โดยอิงจากจำนวนหัวต่อและ Splice (ตามภาพที่ 1) โดยที่ไม่จำเป็นต้องใส่ข้อมูลความยาวสายเนื่องจาก CertFiber Pro จะคำนวณให้คุณอัตโนมัติ

แต่ระวังว่าแค่ผ่านการทดสอบนี้ไม่ได้เป็นการรับประกันว่าคุณจะสามารถนำลิงก์ดังกล่าวไปใช้งานตามที่ต้องการได้เสมอไป ซึ่งการจะทำให้แน่ใจได้นั้นยังมีขั้นตอนอื่นอีกดังนี้



ภาพที่ 1
ด้วย CertiFiber Pro I
เพียงแค่ใส่จำนวนหัวต่อและ
Splice เท่านั้น ก็สามารถ
คำนวณค่าขีดจำกัดของ
สายไฟเบอร์ชนิดที่ทำการ
ทดสอบได้แบบอัตโนมัติ

2. จะนำลิงก์มาใช้ประโยชน์ตามที่ต้องการได้หรือไม่?

ถ้าสายไฟเบอร์ของคุณผ่านการตรวจรับรองและวัดค่าด้วย CertFiber Pro แล้ว การตอบคำถามดังกล่าวก็ถือเป็นเรื่องง่าย เพียงดูในส่วนล่างซ้ายของรายงานผลทดสอบในส่วนที่เขียนว่า “Compliant Network Standards” ก็จะได้เห็นว่าสายไฟเบอร์นั้นๆ สามารถนำไปใช้ประโยชน์แบบไหนได้โดยอิงจากค่าการสูญเสียและระยะของสาย (ดูส่วนของ **A** ในภาพที่ 2 ที่อยู่หน้าถัดไป)

แต่ถ้าคุณทำรายงานทดสอบหายไป หรือไม่ได้ตรวจรับรองมาตรฐานสายเคเบิลมาก่อน ขั้นตอนย่อมซับซ้อนมากขึ้น อย่างไรก็ตามปัญหานี้ก็มีทางออก เนื่องจากปริมาณความสูญเสียและระยะของสายไฟเบอร์จะเป็นตัวชี้วัดว่าสามารถนำไปใช้งานแบบที่ต้องการได้หรือไม่ ซึ่งสามารถหาค่าเกณฑ์สำหรับรูปแบบการใช้งานส่วนใหญ่ได้จากเอกสาร **Versiv™ Limit Lines** ของเรา (รบกวนลงทะเบียนก่อน) เพียงแค่ค้นหาประเภทการใช้งานที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น “40GBASE-SR4” ก็จะพบตารางข้อมูลลักษณะคล้ายด้านล่าง

ไม่ว่าคุณจะใช้สายเคเบิลแบบไหนก็ตาม เพียงแค่วัดค่าพลังงานสูญเสียและระยะยาวของสายไฟเบอร์ จากนั้นนำมาเทียบกับค่าเกณฑ์มาตรฐานของประเภทเคเบิลที่คุณใช้งาน ตัวอย่างเช่น ถ้าสาย OM4 ของคุณวัดค่าการสูญเสียได้ 1.1 dB ที่ความยาวคลื่น 850 nm ในระยะ 125 เมตรแล้ว แสดงว่าสายเคเบิลของคุณรองรับมาตรฐาน 40GBASE-SR4 เป็นต้น

40GBASE-SR4		
Cable Type	850 nm Fixed Loss dB	Length m
OM3	1.9	100
OM4, OM5	1.5	150

ตารางที่ 2
เกณฑ์ค่าที่อนุญาตสำหรับการสูญเสียในแต่ละระยะสายตาม
มาตรฐาน 40GBASE-SR4 (IEEE)



Cable ID: MDF A CAB-5D TO 5 W IDF 12

Date / Time: 05/24/2019 01:29:16 PM

Cable Type: OS2 Singlemode

n = 1.467000 (1310 nm)

n = 1.468000 (1550 nm)

Test Summary: PASS

Backscatter Coefficient: -79.5dB (1310 nm)

Backscatter Coefficient: -82.0dB (1550 nm)

Loss (R->M)

PASS

Date / Time: 05/24/2019 01:29:16 PM
test limit: tia-568.3-d-1 singlemode isp (std)
Limits Version: 7.1
CertiFiber Pro (2545690 V6.1 Build 3)
Module: CFP-QUAD(2800002)
Calibration Date: 04/10/2019
certifiber pro remote (2692190 v6.1 build 3)
Module: CFP-QUAD(2800006)
Calibration Date: 04/10/2019

Propagation Delay (ns)	363	
Length ft	243	PASS
Limit 131234		
	1310 nm	1550 nm
Result	PASS	PASS
Loss (dB)	0.69	0.54
Limit (dB)	1.57	1.57
Margin (dB)	0.88	1.03
Reference (dBm)	-2.69	-2.85

Number of Adapters: 2
Number of Splices: 0
Connector Type: LC
Patch Length1 (ft): 7
Reference Date: 05/24/2019 10:47:12 AM
1 Jumper

Loss (M->R)

PASS

	1310 nm	1550 nm
Result	PASS	PASS
Loss (dB)	0.43	0.42
Limit (dB)	1.57	1.57
Margin (dB)	1.14	1.15
Reference (dBm)	-3.04	-3.26

A

Compliant Network Standards:

1000BASE-LX	100GBASE-ER4	100GBASE-LR4
10GBASE-E	10GBASE-L	10GBASE-LRM
10GBASE-LX4	40GBASE-ER4	40GBASE-FR
40GBASE-LR4	Fibre Channel 100-SM-LC-L	Fibre Channel 1200-SM-LC-L
Fibre Channel 1600-SM-LC-L	Fibre Channel 200-SM-LC-L	Fibre Channel 400-SM-LC-L
Fibre Channel 400-SM-LC-M	Fibre Channel 800-SM-LC-L	Fibre Channel 800-SM-LC-L

ภาพที่ 2

รายงานผลการทดสอบจาก CertFiber™ Pro

3. เราจะอ่านรายงานผลการทดสอบได้อย่างไร?

มีข้อมูลพื้นฐานสองประการที่คุณควรมองหาจากรายงานการทดสอบ นอกจากนี้ยังมีอีก 3 ส่วนที่ผู้เชี่ยวชาญอาจดูเพื่อพิจารณาเพิ่มเติม อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าใครก็สามารถตรวจสอบข้อมูลสำคัญเหล่านี้ได้ อ้างอิงจากภาพที่ 2 จะพบส่วนข้อมูลที่น่าสนใจบนรายงานดังต่อไปนี้

- 1 ดูว่าผลการทดสอบผ่านหรือไม่ ซึ่งจะแสดงในรูปของสัญลักษณ์ที่ถูกสีเขียว หรือกากบาทสีแดง ตรงมุมขวบน
- 2 จากนั้นดูว่าใช้เกณฑ์อะไรในการทดสอบ ลองนึกภาพว่าสมมติคุณมีลูกวัย 8 ขวบกลับบ้านมาพร้อมผลการสอบคณิตศาสตร์ที่สอบตก คุณอาจจะไม่พอใจ แต่หากคุณเห็นข้อสอบว่ามีถามแม้กระทั่งโจทย์แคลคูลัสหลายตัวแปรที่แสนยากแล้วก็อาจเข้าใจได้ว่าทำไมถึงตก ดังนั้น คุณสามารถเลือกทดสอบกับมาตรฐานที่ต้องการได้ไม่ว่าจะเป็นของ TIA/ISO หรือมาตรฐานของรูปแบบการใช้งานต่างๆ ก็ควรเลือกค่าเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมในการทดสอบด้วย

คราวนี้มาดูสิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญมองหาเพิ่มเติมกันบ้าง

- 3 ตรวจสอบค่าการสูญเสียจริงที่วัดได้ ซึ่งกรณีที่ใช้อุปกรณ์อย่าง CertiFiber™ Pro OLTS นั้น ผลค่าการสูญเสียมักมีระบุไว้ในรายงานเป็นคู่ โดยตัวเลขที่เป็นลบในบรรทัดที่เขียนว่า “Loss” สำหรับแต่ละความยาวคลื่นนั้นชี้ให้เห็นว่าสัญญาณมีความแรงมากขึ้นเมื่อเดินทางผ่านสายไฟเบอร์ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ อยู่แล้วทางกายภาพ จึงตีความได้ว่าอุปกรณ์ทดสอบถูกติดตั้งอย่างไม่ถูกต้อง และถ้าเป็นอุปกรณ์อย่าง CertiFiber Pro OLTS ก็จะกำกับข้อมูลนี้ให้เห็นว่าเป็นความผิดพลาดชัดเจนด้วย ซึ่งไม่ใช่ว่าอุปกรณ์ทดสอบทุกยี่ห้อจะสังเกตเห็นจุดนี้

- 4 เป็นข้อมูลการตั้งค่าอ้างอิง ซึ่งแนะนำให้ใช้วิธีแบบ 1-jumper สำหรับกรณีส่วนใหญ่ กรณีถ้าพบข้อมูลอื่นแสดงในส่วนนี้ คุณก็ควรทำความเข้าใจว่าเป็นเพราะอะไร โดยสามารถดูจากจำนวนของอะแดปเตอร์และ Splice ในตอนบนของส่วนนี้ ขณะที่ทดสอบตามเกณฑ์ของ TIA หรือ ISO ตามที่ระบุในหัวข้อคำถามข้อที่ 1 แรกสุดของเอกสารนี้ ผู้ควบคุมการทดสอบที่ไม่ซื่อสัตย์ อาจทำให้ผลที่จริงๆ ควรจะ FAIL กลับมาเป็น PASS ได้เพียงแค่เพิ่มหัวต่อเข้าไปในการเทียบค่าเกณฑ์มาตรฐานเกินกว่าที่มีอยู่ บนลิงก์จริง ดังนั้นถ้าตัวเลขนี้ดูสูงเกินไปแล้ว ให้ย้อนถามผู้ทดสอบเพื่ออธิบายให้ชัดเจน

FI_CFP_Sample_w_TRC.flw							
	Cable ID	Date / Time:	Status	Length(m)	Headroom	Info	Test Limit
1	TRC20190911:19:00:13.01	09/11/2019 07:00:12 PM	N/A	2.1	0.03 (Loss Value)		TRC Limit
2	TRC20190911:19:00:13.02	09/11/2019 07:00:12 PM	N/A	2.1	0.03 (Loss Value)		TRC Limit
3	001	09/11/2019 07:01:50 PM	PASS	52.9	0.35 (Loss Value)		TIA-568.3-D-1 Multimode (STD)
4	002	09/11/2019 07:01:51 PM	PASS	52.9	0.29 (Loss Value)		TIA-568.3-D-1 Multimode (STD)
5	003	09/11/2019 07:05:29 PM	PASS	52.9	0.32 (Loss Value)		TIA-568.3-D-1 Multimode (STD)
6	004	09/11/2019 07:05:29 PM	PASS	52.9	0.29 (Loss Value)		TIA-568.3-D-1 Multimode (STD)
7	005	09/11/2019 07:08:05 PM	PASS	52.9	0.35 (Loss Value)		TIA-568.3-D-1 Multimode (STD)
8	006	09/11/2019 07:08:05 PM	PASS	52.9	0.29 (Loss Value)		TIA-568.3-D-1 Multimode (STD)
9	009	09/11/2019 07:23:10 PM	PASS	0.0	0.00 (Loss Value)		*Tia-568*
10	010	09/11/2019 07:23:10 PM	PASS	0.0	0.01 (Loss Value)		*Tia-568*

ภาพที่ 3

หน้าจอของ LinkWare? Live แสดงกลุ่มรายงานผลการทดสอบจาก CertiFiber? Pro ซึ่งรายงานสองรายการแรกนั้นเป็นสายสำหรับอ้างอิงในการทดสอบหรือ TRC ที่นำมาใช้กับการตรวจวัดที่เหลือทั้งหมด

Cable ID: TRC20190528:07:15:38.01

Date / Time: 05/28/2019 07:15:37 AM n = 1.467000 (1310 nm)
Cable Type: OS2 Singlemode n = 1.468000 (1550 nm)

Test Summary: N/A

Backscatter Coefficient: -79.5dB (1310 nm)
Backscatter Coefficient: -82.0dB (1550 nm)

Loss (R->M)

Date / Time: 05/28/2019 07:15:37 AM
CertiFiber Pro (2545690 V8.1 Build 3)
Module: CFP-QUAD(2800002)
Calibration Date: 04/10/2019
certifiber pro remote (2692190 v6.1 build 3)
Module: CFP-QUAD(2800006)
Calibration Date: 04/10/2019

Propagation Delay (ns)	13	
Length ft	9	
	1310 nm	1550 nm
Result	N/A	N/A
Loss (dB)	0.14	0.16
Limit (dB)	0.25	0.25
Margin (dB)	0.11	0.09
Reference (dBm)	-2.70	-2.93

Connector Type: LC
Patch Length1 (ft): 7
Reference Date: 05/28/2019 07:09:52 AM
1 Jumper

ภาพที่ 4

ตัวอย่างของรายงาน TRC แบบละเอียด

- 5 ข้อมูลส่วนนี้ไม่ใช่ผลการทดสอบสายเคเบิล แต่คุณสามารถพบข้อมูลนี้ได้ง่ายดาย ถ้าสามารถเข้าถึงรายงานเต็มรูปแบบในซอฟต์แวร์ทำรายงานอย่าง LinkWare? ซึ่งก่อนหน้านี้จะทำการทดสอบใดๆ นั้น ผู้ใช้จำเป็นต้องสร้างสายอ้างอิงเพื่อทดสอบสำหรับนำค่ามาใช้ในการทดสอบอื่นๆ ที่จะตามมา โดยชุดการทดสอบแรกสุดที่จะแสดงในรายงานของ LinkWare จะหมายถึงสายอ้างอิงเหล่านี้ รวมทั้งแสดงค่าที่เกี่ยวข้อง (ตามภาพที่ 3) ผู้เชี่ยวชาญมักคลิกเข้าไปดูรายงานแบบละเอียด (ตามภาพที่ 4) เพื่อให้แน่ใจว่าค่าการสูญเสียไม่ได้มากเกินไปจนชี้ให้เห็นว่าสายเคเบิลที่ใช้ทดสอบมีคุณภาพต่ำจนทำให้ผลการทดสอบที่ใช้สายอ้างอิงนี้ขาดความแม่นยำ ซึ่งถ้าตัวเลขเหล่านี้เป็นลบแล้ว แสดงว่าสายอ้างอิงสำหรับนำมาใช้ทดสอบไม่ได้ติดตั้งอย่างถูกต้อง และผลการทดสอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดย่อมผิดพลาด

4. แต่ละสีหมายความว่าอย่างไร

สีบนสายใยแก้วนำแสงมักระบุถึงประเภทของสาย ซึ่งทั้ง TIA และ ISO ต่างออกข้อกำหนดเพื่อให้ง่ายต่อการระบุประเภทสายที่คุณกำลังใช้งาน และทำให้ยากต่อการนำสายไฟเบอร์สองเส้นที่ไม่ได้เข้ากันมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน ต่อไปนี้จึงเป็นความหมายของสีบนฉนวนหุ้มและสิ่งที่ควรระวังที่เกี่ยวข้อง:



Single-mode (OS1a, OS2)



Multimode (OM1 หรือ OM2) ซึ่งตอนเปิดตัวครั้งแรกนั้น สาย OM2 มักใช้สายสีส้มแบบเดียวกับ OM1 แต่สายไฟเบอร์ OM1 ที่ใช้คอร์แบบ 62.5 ไมครอน และสาย OM2 ที่ใช้แบบ 50 ไมครอนนั้นไม่ควรนำมาใช้รวมบนลิงก์เดียวกัน ดังนั้น ต่อมาสาย OM2 ที่ออกมาในช่วงหลังจะใช้ฉนวนสีเทาแทน



Multimode (OM2)



Multimode (OM3 หรือ OM4)

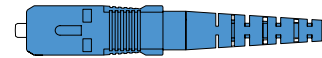


Multimode (OM4) ซึ่งชื่อสีของสายนี้แบบทางการเรียกว่าสี “Erika Violet” หรือ “Heather Violet” ซึ่งคิดค้นขึ้นเพื่อให้แยกความแตกต่างระหว่างสาย OM3 และ OM4 ได้ง่าย แม้สายทั้งสองประเภทนี้สามารถนำมาใช้ร่วมกันได้ก็ตาม แต่สายแบบ OM4 ให้ประสิทธิภาพที่เหนือกว่า ดังนั้นจึงมีความสำคัญในการระบุความแตกต่างของสายสองแบบนี้

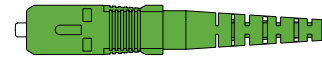


Multimode (OM5)

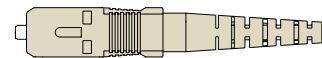
นอกจากนี้สีของหัวต่อก็มีความหมายเหมือนกัน ได้แก่



Single-mode UPC (Ultra Physical Contact)



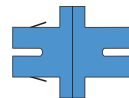
Single-mode APC (Angled Physical Contact)



มัลติโหมดที่ใช้คอร์แบบ 62.5 หรือ 50 ไมครอน

ในกรณีที่พบสันนอกเหนือจากที่ระบุไว้ข้างต้น ก็อาจเป็นได้ทั้งสายไฟเบอร์ที่มีรูปแบบการใช้งานพิเศษ, มัดรวมสายไฟเบอร์ (ที่มีสักระบุชนิดสายไฟเบอร์ที่รวมอยู่ภายใน), สายที่ติดตั้งภายนอกอาคาร, หรือสายที่ใช้ในกิจการทหาร เป็นต้น ซึ่งถ้ามีความสงสัยหรือต้องการแก้ปัญหาเกี่ยวกับสายดังกล่าวแล้ว ควรตรวจสอบข้อความบนฉนวนที่ระบุถึงชนิดของสายไฟเบอร์ให้แน่ใจอีกครั้ง

แม้แต่ละแอดปเตอร์เองก็มีหลายสี ซึ่งแต่ละสีมีบทบาทสำคัญต่อการทดสอบดังนี้



ทีมงานของเราพบว่าแอดปเตอร์สีน้ำเงินนั้นให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุดสำหรับการเชื่อมต่อแบบ UPC ทั้งกับสายซิงเกิลโหมดและมัลติโหมด



ให้ใช้แอดปเตอร์สีเขียวสำหรับหัวต่อแบบ APC

5. ทำไมค่าการสูญเสียที่วัดได้มีทั้งค่าบวกและค่าลบ

สาเหตุของเรื่องนี้ที่พบบ่อยที่สุดคือ การตั้งค่าตัวอ้างอิงผิดพลาด ลองนึกภาพตามว่า ถ้าคุณต้องการชั่งน้ำหนักสัตว์เลี้ยงตัวโปรด คุณอาจต้องเอาตัวเองไปยืนบนที่ชั่งน้ำหนักแล้วจดน้ำหนักตัวเองก่อน ซึ่งจะได้ “น้ำหนักอ้างอิง” จากนั้นจึงอุ้มสัตว์เลี้ยงแต่ละตัวมาชั่งแล้วจดน้ำหนักที่รวมของตัวคุณเองด้วย สมมติว่าคุณได้ผลตามตารางต่อไปนี้:

Subject	Combined Weight	Pet (Net) Weight
You (reference)	85 kg (187 lbs.)	
You + Rover the retriever	105 kg (231 lbs.)	20 kg (44 lbs.)
You + Clara the cat	90 kg (198 lbs.)	5 kg (11 lbs.)
You + Harry the hamster	84 kg (185 lbs.)	-1 kg (-2 lbs.)

คุณจะรู้ทันทีว่าค่าที่วัดได้ผิด ถ้าคำนวณน้ำหนักเฉพาะแฮมสเตอร์ของคุณแล้วได้น้ำหนักติดลบ ดังนั้นถ้าคุณยังชั่งน้ำหนักสัตว์เลี้ยงด้วยวิธีนี้ซ้ำเรื่อยๆ แล้วยังพบว่าได้ค่าติดลบอยู่แล้วล่ะก็ แสดงว่าผิดพลาดตั้งแต่ค่าอ้างอิงตอนแรกแล้ว และส่งผลถึงการวัดค่าที่ใช้ตัวอ้างอิงนี้ทั้งหมด

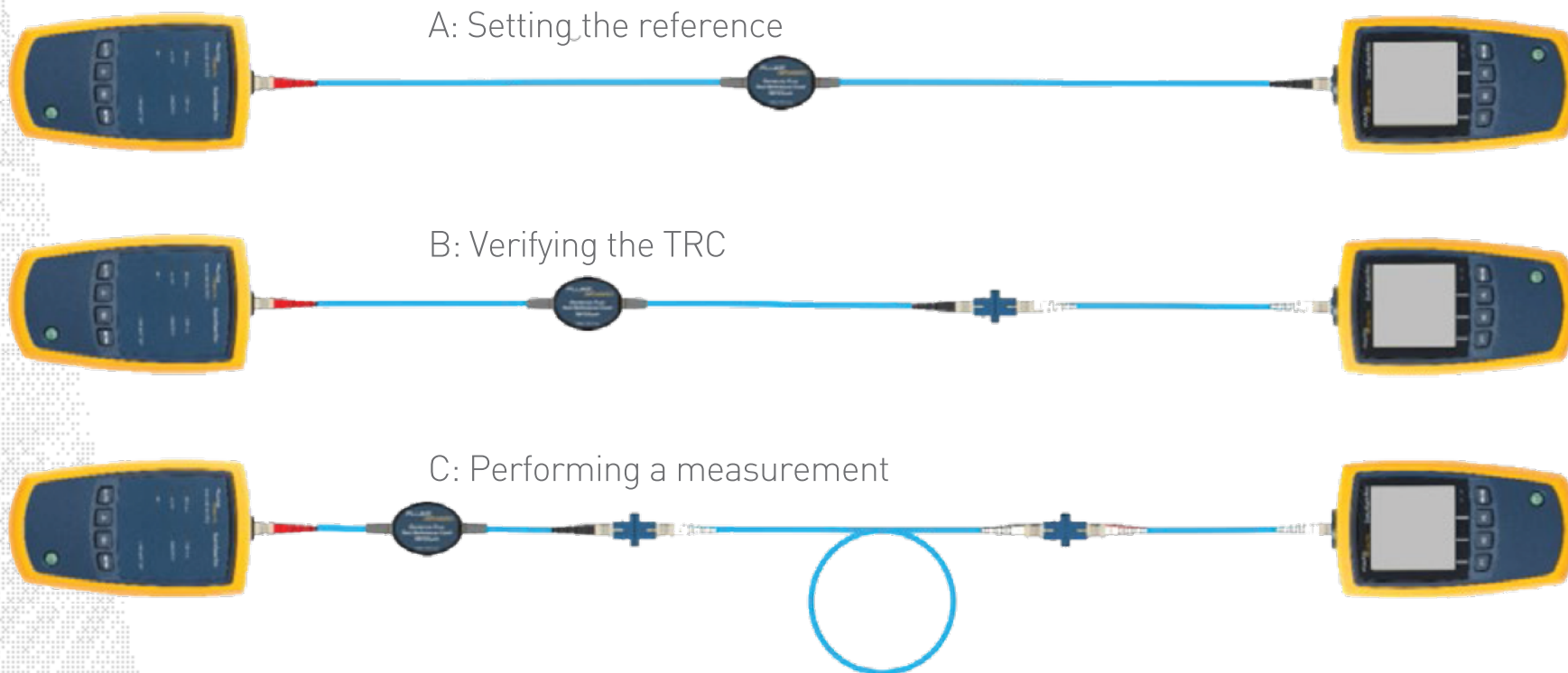
การตั้งค่าตัวอ้างอิงผิดพลาดยังเป็นเรื่องให้คุณได้ค่าที่วัดติดลบได้ด้วย ซึ่งชี้ได้ว่าผลการวัดค่าทั้งหมด แม้แต่ค่าที่เป็นบวกนั้น ก็ถือว่าผิดพลาดหมดเช่นกัน

ดังนั้นจึงควรระวังความสับสนที่อาจเกิดขึ้นเกี่ยวกับว่าค่าการสูญเสียควรเป็นบวกหรือเป็นลบ ซึ่งที่มาของความสับสนนี้มาจากการใช้มิเตอร์วัดพลังงานบางตัวมาใช้วัดค่าการสูญเสีย ที่ตั้งค่าอ้างอิงเป็น 0 dB ทำให้ผลการวัดสัญญาณที่ปลายอีกด้านหนึ่งที่แสดงออกมานั้นน้อยกว่า หรือมีค่าเป็นลบได้ ทั้งนี้มิเตอร์วัดพลังงานของเราจะแสดงค่าการสูญเสียอย่างถูกต้องในรูปของค่าบวกเสมอเวลาใช้โหมดนี้ เป็นเพราะมาตรฐานระบุไว้อย่างชัดเจนว่า ค่าการสูญเสียจะต้องแสดงเป็นจำนวนบวกเสมอ (ดังนั้นค่าที่เป็นลบจึงแสดงถึงค่าพลังงานที่ได้เพิ่มแทน ตามหลักคณิตศาสตร์) ซึ่งถ้าคุณเผลอเอาค่าการสูญเสียทั้งที่เป็นค่าบวกและค่าลบมาคำนวณรวมกันแล้ว ย่อมทำให้เกิดความผิดพลาดของผลการทดสอบอย่างร้ายแรง

6. จะตั้งค่าตัวอ้างอิงแบบ 1-jumper ได้อย่างไร

ตามมาตรฐานนั้นแนะนำให้ใช้วิธีที่เรียกว่า One-Jumper สำหรับตั้งค่าอ้างอิงเวลาตรวจวัดค่าการสูญเสียของสายไฟเบอร์ โดยก่อนจะเริ่มนั้น ควรทำให้แน่ใจว่าทั้งแหล่งกำเนิดแสงและมิเตอร์วัดพลังงานได้รับการปรับค่าให้เสถียรตามสเปกของผู้ผลิต

ขั้นตอนแรกคือการตั้งค่าอ้างอิงโดยใช้จัมเปอร์ที่ควรจะเป็นสายอ้างอิงสำหรับทดสอบหรือ TRC คุณภาพสูง (ตามภาพที่ 5 A) และเพื่อให้ได้ความแม่นยำมากที่สุด และสามารถทดสอบซ้ำได้สำหรับการทดสอบสายแบบมัลติโหมดนั้น คุณอาจจำเป็นต้องใช้สายที่จำเพาะตามที่ผู้ผลิตแนะนำ จากภาพจะเห็นสายมาตรฐาน Fluke Networks Encircled Flux ที่ช่วยให้มั่นใจได้ว่ามีปริมาณแสงที่เข้ามาในสายทดสอบอย่างถูกต้อง และก่อนจะเชื่อมต่อสายไฟเบอร์ใดๆ นั้น ควรตรวจสอบว่ายังสะอาดอยู่หรือไม่ ถ้าไม่ก็ควรทำความสะอาดและตรวจดูให้แน่ใจอีกครั้ง จากนั้นจึงเสียบ TRC เข้ากับแหล่งกำเนิดแสง และเสียบปลายอีกข้างหนึ่งเข้ากับอุปกรณ์ตรวจสอบ แล้วจึงกดปุ่ม “Set Reference” บนมิเตอร์ ซึ่งค่าที่แสดงออกมาควรเป็น “0 dB”



ภาพที่ 5
การตั้งค่าอ้างอิงสำหรับการทดสอบค่าการสูญเสียของสายไฟเบอร์แบบมัลติโหมด

อุปกรณ์ทดสอบค่าการสูญเสีย
ของเราจะแสดงค่าการสูญเสียเป็นค่าบวก
เพื่อให้สอดคล้องตามมาตรฐาน ดังนั้น
ถ้าอุปกรณ์ตรวจวัดที่คุณใช้งานแสดง
เป็นค่าลบแล้ว ให้เปลี่ยนค่าบวกกลับกัน
เพื่ออิงตามเกณฑ์ที่ระบุไว้

ต่อมา ให้ถอดจัมเปอร์ออกจากมิเตอร์แล้วเอามาเชื่อมต่อกับอะแดปเตอร์แบบบัลค์เฮด
หลังจากตรวจสอบ (และทำความสะอาดถ้าจำเป็น) ให้เสียบปลายด้านหนึ่งของสาย TRC
เส้นที่สองเข้ากับอะแดปเตอร์ แล้วเอาปลายอีกด้านหนึ่งเสียบเข้ากับอุปกรณ์ตรวจวัด (ดูภาพ
ที่ 5 B) ซึ่งสำหรับสายแบบซิงเกิลโหมดแล้ว คุณน่าจะอ่านค่าได้ในช่วง 0.0 dB ถึง 0.25 dB
ขณะที่ถ้าเป็นแบบมัลติโหมด ก็ควรอ่านค่าได้ในช่วง 0.0 dB และ 0.15 dB ซึ่งถ้าได้ค่าตามนี้
แล้ว ก็พร้อมที่จะถอด TRC ออกจากอะแดปเตอร์เพื่อเริ่มการทดสอบได้ ระหว่างการทดสอบ
คุณไม่ควรถอดสายออกจากแหล่งกำเนิดแสง เนื่องจากอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า
ระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและ TRC จนทำให้คุณต้องตั้งค่าอ้างอิงใหม่ได้

ในกรณีที่อ่านค่าของ TRC ได้เกินเกณฑ์ที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว คุณควรตรวจสอบและทำ
ความสะอาดหัวต่อแล้วจึงทำตามขั้นตอนดังกล่าวอีกครั้ง แต่ถ้าไม่สามารถแก้ปัญหาได้
ให้ลองเปลี่ยน TRC แทน และถ้าคุณได้ผลเป็นค่าลบ ให้เริ่มใหม่ตั้งแต่ขั้นตอนแรกสุดหลัง
จากตรวจสอบและทำความสะอาด TRC อันแรกแล้ว ซึ่งถ้ายังมีปัญหาอยู่ก็ให้เปลี่ยน TRC ใหม่

สำหรับกรณีที่ซับซ้อนมากขึ้นอย่างใน Optical Loss Test Set ที่มีการทดสอบสายไฟเบอร์
เป็นคู่ นั้น จำเป็นต้องตั้งค่าอ้างอิงเป็นคู่ด้วย แต่โชคดีที่อุปกรณ์อย่าง CertFiber™ Pro
ช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้งานขั้นตอนต่างๆ เหล่านี้ รวมทั้งตรวจสอบการวัดว่าทำได้
ถูกต้องให้ด้วย

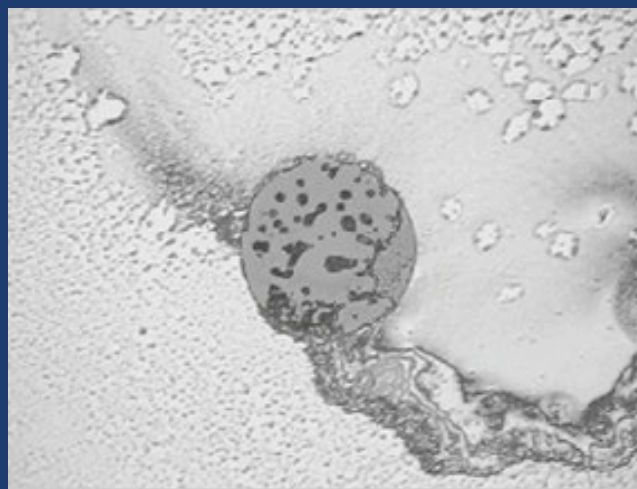
7. วิธีทำความสะอาดสายไฟเบอร์ที่ดีที่สุด

ถ้าคุณตรวจสอบหน้าตัดของสายไฟเบอร์แล้วพบว่าสกปรกแล้ว จะมีวิธีทำความสะอาดอยู่สองวิธี วิธีแรกเรียกว่า Dry Cleaning โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Click Cleaner ให้สอดท่อหัวต่อสายไฟเบอร์เข้าไปในอะแดปเตอร์ของตัวทำความสะอาด จากนั้นกดหนึ่งครั้งให้มีเสียงคลิก แล้วตรวจสอบว่าสะอาดหรือยัง คุณอาจจะเอาไปคลิกซ้ำอีกสองสามครั้งได้ถ้าคราบสกปรกฝังแน่น

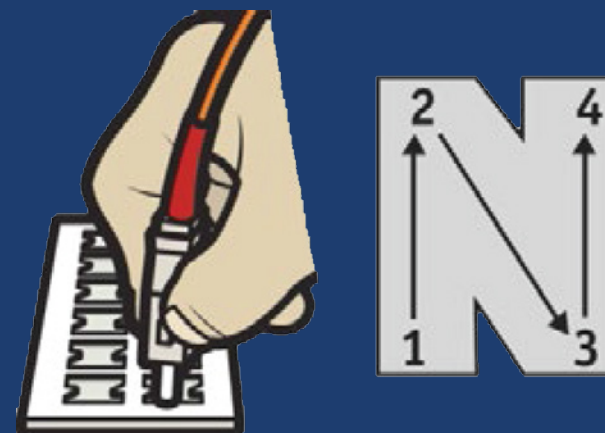
วิธีดรายคลีนนี้มักใช้ได้ผลเป็นส่วนใหญ่ แต่ถ้ากรณีทำแล้วยังไม่สะอาด หรือดูเป็นคราบปื้นๆ เหมือนเป็นน้ำมัน (ตามภาพที่ 6) แล้ว ก็แนะนำให้ใช้วิธี Wet Cleaning แทน ซึ่งมีเครื่องมืออยู่หลายแบบให้ใช้ แต่ส่วนใหญ่มีกลไกการทำงานแบบเดียวกัน เริ่ม

จากใส่น้ำยาทำความสะอาดสายไฟเบอร์เล็กน้อยลงบนวัสดุทำความสะอาด (อย่าใช้แอลกอฮอล์ เพราะจะทำให้แฉะแทน) จากนั้นจึงนำปลายหน้าตัดของสายไฟเบอร์ไปแตะบนส่วนที่เปียกจากนั้นจึงลากออกไปยังส่วนที่แห้งของวัสดุนั้นๆ ซึ่งขั้นตอนในส่วนของการ “แตะแล้วถู” สามารถทำซ้ำได้หลายรอบ แต่พยายามใช้พื้นที่ที่แตกต่างกันไปบนวัสดุทำความสะอาด

หลังทำความสะอาดเสร็จ ให้ตรวจสอบสายไฟเบอร์อีกครั้ง ถ้าพบว่ายังสกปรกอยู่ คุณสามารถลองสะกิดหรือแกะคราบออกก่อนทำความสะอาดซ้ำอีกครั้ง หรือไม่ก็ควรพิจารณาเปลี่ยนสายไฟเบอร์ใหม่จะดีกว่า



ภาพที่ 6
คราบสกปรกที่เหลือจากการทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์
นับเป็นตัวอย่างที่ชัดเจนของหน้าตัดสายไฟเบอร์ที่จำเป็นต้อง
ทำความสะอาดแบบเปียกด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม

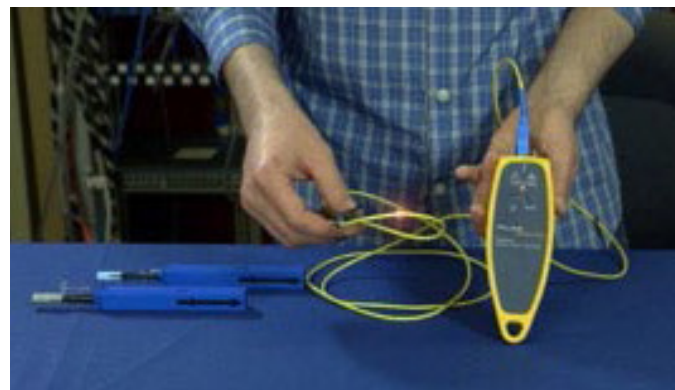


ภาพที่ 7
วิธีการทำความสะอาดแบบ “ถูจากส่วนเปียกไปส่วนแห้ง” ที่ใช้แผ่น
การัดทำความสะอาดสายไฟเบอร์ของเรา โดยหยดตัวทำละลาย
ที่จุดหมายเลข “1” จากนั้นจึงลากปลายสายถูบนวัสดุทำความสะอาด
สะอาดจากตำแหน่ง “1” ไปยัง “4”

8. จะหาตำแหน่งที่มีการหักหรือโค้งงอบนสายไฟเบอร์ได้อย่างไร

มีเครื่องมืออยู่ 3 อย่างที่สามารถช่วยคุณหาตำแหน่งของจุดที่แตกหัก โค้ง หรือ “ประเด็น” อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องบนสายไฟเบอร์ได้

อย่างตัวระบุตำแหน่งปัญหาแบบมองเห็นได้หรือ VFS อย่างเช่น VisiFault? ของเรานั้น จะปล่อยแสงเลเซอร์ที่มองเห็นได้เข้าไปในสายไฟเบอร์ ซึ่งจะ “ส่องลอดออกมา” ที่จุดที่การเชื่อมต่อมีปัญหา หรือจุดที่สายไฟเบอร์โค้งงอหรือแตกหัก วิธีนี้จะให้ผลดีก็ต่อเมื่อคุณสามารถตรวจสอบด้วยการมองเห็นได้ตลอดสายไฟเบอร์ ดังนั้นจึงไม่ค่อยเหมาะถ้าจะใช้กับสายที่ยาวถึง 2 กิโลเมตร หรือมีการลากอยู่ใต้ดิน อย่างไรก็ตาม ก็มีความเป็นไปได้ต่ำกว่าที่สายจะหักในท่อใต้ดิน เมื่อเทียบกับตรงจุดเชื่อมต่อหรือสายบริเวณอุปกรณ์ที่มีโอกาสเกิดปัญหาได้มากกว่า อุปกรณ์ VFS นี้มีประโยชน์ค่อนข้างมากในการตรวจสอบ Splice ที่มีปัญหาเวลาใช้พวก Splice-on Pigtail เนื่องจากมักอยู่ใกล้ปลายสาย แต่ระวังว่า VFS ไม่ได้ช่วยตรวจสอบหาหัวต่อที่สกปรกให้ด้วย



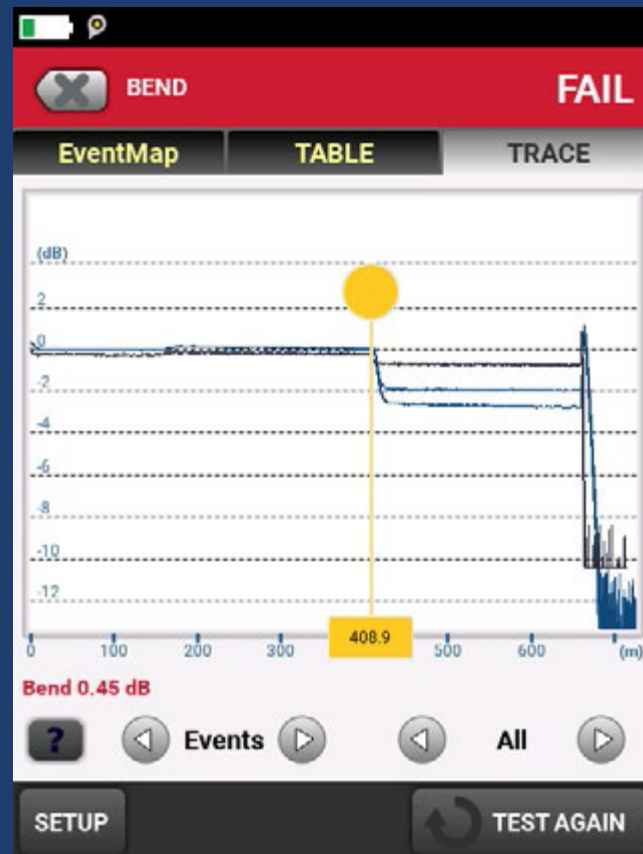
ภาพที่ 8
ตัว Visual Fault Locator สามารถแสดงถึงจุดแตกหักบนสายไฟเบอร์หรือหัวต่อได้

ภาพที่ 9
Fiber QuickMap Fault Locator
แสดงให้เห็นระยะที่เกิดปัญหบนสาย

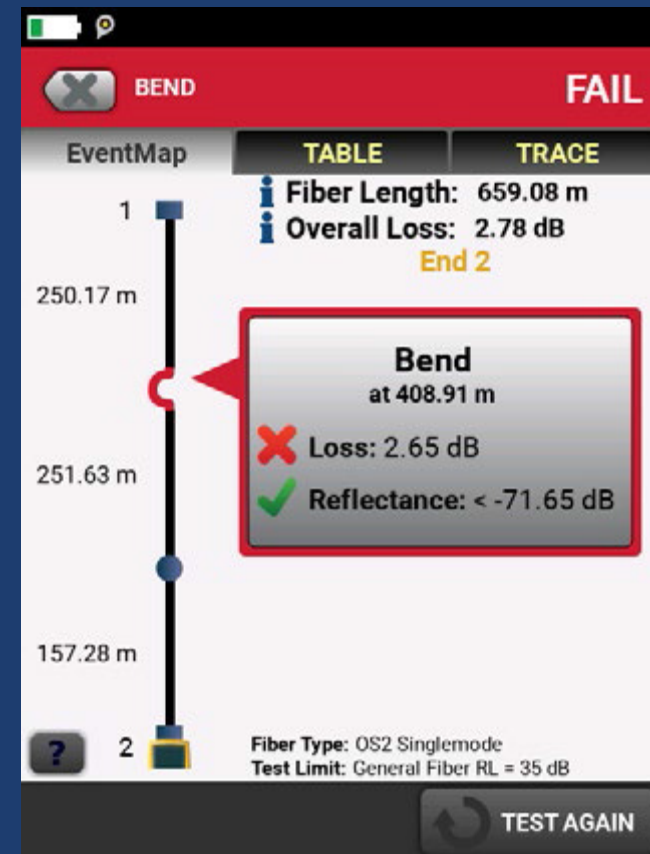


มีอุปกรณ์อีกตัวที่ช่วยหาจุดที่เกิดปัญหบนสายไฟเบอร์ที่เรียกว่า Optical Fault Finder อย่างเช่น Fiber QuickMap? ของเราที่วัดความยาวและระบุปัญหาการสูญเสียที่สูงผิดปกติ หรือจุดแตกหรือหักบนสายมัลติโหมดได้ง่ายและรวดเร็วครอบคลุมความยาวได้ถึง 1,500 เมตร (4,921 ฟุต) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานได้ง่ายเสียบเข้าแค่ปลายสายด้านใดด้านหนึ่งโดยใช้เทคโนโลยีเหมือนกับ OTDR ที่ส่งสัญญาณแสงเลเซอร์ผ่านสายไฟเบอร์เพื่อตรวจวัดพลังงานและเวลาที่แสงสะท้อนกลับมาจากการเชื่อมต่อหรือ Splice ที่มีค่าการสูญเสียสูง และที่กลับมาจากปลายสายไฟเบอร์ ถือเป็นอุปกรณ์ในอุดมคติสำหรับตรวจวัด Splice การเชื่อมต่อ และจุดแตกหักที่มีการสูญเสียพลังงานสูงบนสายไฟเบอร์ เช่นเดียวกับความยาวทั้งหมดของลิงก์ ตัว QuickMap นี้ยังตรวจวัดสัญญาณแสงที่มีอยู่ปัจจุบันก่อนทำการทดสอบให้อีกด้วย

ขณะที่คุณอาจจะสามารถตรวจพบปัญหาด้วย VFS หรือ Optical Fault Finder นั้น บางครั้งคุณก็ต้องการรู้ข้อมูลมากขึ้น จึงเป็นที่มาของอุปกรณ์อย่าง Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) ที่คำนวณสัญญาณที่สูญเสียโดยอิงจากปริมาณแสงที่สะท้อน หรือที่เรียกว่า Backscatter ที่ตรวจพบซึ่งการใช้เทคโนโลยีลักษณะนี้ทำให้ OTDR สามารถนำไปใช้ในการตรวจหาตำแหน่งแตกหัก โค้งงอ รวมถึง Splice และหัวต่อบนสายไฟเบอร์ได้ รวมทั้งตรวจวัดค่าการสูญเสียในจุดต่างๆ ดังกล่าว การเข้าถึงข้อมูลที่ละเอียดระดับนี้ด้วย OTDR จะช่วยให้คุณเห็นภาพอย่างสมบูรณ์ของสถานการณ์ติดตั้งสายไฟเบอร์ และคุณภาพโดยรวมของงานทั้งหมด แน่นอนว่าอุปกรณ์อย่าง OTDR มีราคาแพงกว่า VFL, LSPM/OLTS, และ Optical Fault Finder และต้องใช้ความเชี่ยวชาญในการใช้ แต่ด้วยความสามารถในการตรวจหาตำแหน่ง ความสูญเสีย และลักษณะของแต่ละปัญหาอย่างละเอียดนั้น จึงถือเป็นสุดยอดเครื่องมือสำหรับใช้แก้ปัญหา



ภาพที่ 10
OTDR ตรวจสอบรายละเอียด
ของแต่ละปัญหาที่เกิดบนสายไฟเบอร์



ภาพที่ 11
OptiFiber? Pro EventMap? แสดงข้อมูลที่รวบรวมได้ (จาก
ภาพที่ 10) มาประมวลให้อยู่ในโหมดที่เข้าใจได้ง่ายขึ้น โดย
กำกับผลการทดสอบในรูปแบบของ PASS หรือ FAIL ซึ่งผู้ใช้
สามารถกดสลับหน้าจอไปมาได้โดยกดที่ EventMap และ
TRACE

ความหมายของศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

Certification testing	กระบวนการทดสอบประสิทธิภาพการส่งสัญญาณของระบบสายเคเบิลที่ติดตั้งไว้เทียบกับมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจำเป็นต้องใช้ OLTS สำหรับการใบประกาศรับรองแบบ “Tier 1” และ OTLS ร่วมกับ OTDR สำหรับแบบ “Tier 2”
Channel	สื่อกลางของการส่งสัญญาณจากปลายด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่ง ที่อยู่ระหว่างตัวส่งและตัวรับสัญญาณ
dB	หน่วยทางลอการิทึมของการตรวจวัดที่ใช้แสดงปริมาณของพลังงานที่เกี่ยวข้องกับระดับอ้างอิงที่จำเพาะหรือกล่าวถึง ซึ่งโดยทั่วไปมักใช้อธิบายค่าการสูญเสีย
dBm	ระดับพลังงานที่แสดงในรูปลอการิทึมของค่าสัดส่วนที่เทียบกับหนึ่งมิลลิวัตต์
EF	ย่อมาจาก Encircled Flux ซึ่งเป็นวิธีในการระบุพลังงานทั่วทั้งคอร์ของสายไฟเบอร์แบบมัลติโหมด โดยใช้ตัว Radii ควบคุมหลายตัวเพื่อใช้หาค่าความทนทาน Tight Tolerance บนโหมดการกระจายพลังงานใน Radii ส่วนนอก ช่วยยกระดับการประสานการทำงานระหว่างอุปกรณ์ทดสอบที่ได้มาตรฐาน EF ด้วยกัน

FiberInspector™	ชื่อกลุ่มผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ตรวจสอบพอร์ต Bulkhead และหน้าตัดสายไฟเบอร์พอกพาที่เป็นรุ่นยอดนิยมของ Fluke Networks ซึ่งมีตั้งแต่แบบที่เป็นท่อไปจนถึงกล่องส่องวิดีโอแบบโมโคร
Gbps	ย่อมาจากกิกะบิตต่อวินาที
Launch cord fiber	ระยะของสายไฟเบอร์ที่วางไว้ระหว่างส่วนของลิงก์ภายใต้การทดสอบและตัว OTDR เพื่อยกระดับความสามารถของ OTDR ในการวัดคุณภาพของหัวต่อใกล้ปลายสาย และสิ่งผิดปกติใดๆ ที่เกิดขึ้นบนการเชื่อมต่อแรก
LED	Light Emitting Diode เป็นแหล่งกำเนิดแสงความเข้มค่อนข้างต่ำ
Link	สายเคเบิลการภาพสำหรับรับส่งสัญญาณ ซึ่งช่องส่งสัญญาณนั้นจะมาจากลิงก์หนึ่งลิงก์หรือมากกว่าที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน
LSPM	ย่อจาก Light Source/Power Meter เป็นอุปกรณ์ตรวจสอบสายไฟเบอร์พื้นฐานที่ประกอบด้วยมิเตอร์วัดพลังงาน และแหล่งกำเนิดแสงเพื่อวัดค่าการสูญเสียบนลิงก์
Mbps	เมกะบิตต่อวินาที
MPO	หัวต่อที่เชื่อมสายไฟเบอร์หลายเส้นแบบ Push On หรือเรียกสั้นๆ ว่า MPO เป็นหัวต่อที่ประกอบด้วยสายไฟเบอร์หลายเส้น โดยเมื่อเทียบกับหัวต่อแบบเอเอรีที่มีสายไฟเบอร์มากกว่า 2 เส้นแล้ว MPO โดยทั่วไปจะมีสายไฟเบอร์เป็นชุด เช่น 8, 12, หรือ 24 เส้นมากกว่าสำหรับใช้ทั่วไปในดาต้าเซ็นเตอร์และเครือข่ายแลนภายใน

OLTS	ย่อมาจาก Optical Loss Test Set เป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับตรวจวัด เพื่อให้การรับรองแบบ “Tier 1” ที่วัดค่าการสูญเสียบนลิงก์ในระยะความยาวหนึ่ง
OTDR	ย่อจาก Optical Time Domain Reflectometer ซึ่งเป็นตัวทดสอบสายไฟเบอร์ ที่ทรงพลัง มักนิยมใช้ในการแก้ปัญหา นอกจากนี้เรายังใช้ OTDR ในการทดสอบ เพิ่มเติมจาก OLTS สำหรับแบบ “Tier 2” ด้วย
TRC	ย่อจาก Test Reference Cord เป็นสายไฟเบอร์คุณภาพสูงที่มีความยาวในช่วง 1 – 3 เมตร มาพร้อมหัวต่อประสิทธิภาพสูง มีหน้าตัดสายที่มีพื้นผิวที่เสริม การต้านทานการขีดข่วนเป็นพิเศษ สำหรับใช้ในการติดต่อหลากหลายรูปแบบ โดยไม่สูญเสียประสิทธิภาพ
VCSEL	มาจาก Vertical Cavity Surface Emitting Laser มักใช้ทั่วไปกับแหล่งกำเนิดแสง แบบมัลติโหมด ซึ่งเราไม่ควรใช้ VCSEL ทดสอบเพื่อเทียบกับมาตรฐาน เราจะใช้ แค่กับการตรวจสอบความถูกต้องของระบบเครือข่ายเท่านั้น
Verification testing	เป็นกระบวนการทดสอบประสิทธิภาพการส่งสัญญาณของระบบสายเคเบิลที่ ติดตั้งไว้ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าตรงตามสเปกที่ต้องการ
VFL	ย่อมาจาก Visual Fault Locator เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ส่งแสงเลเซอร์กำลังต่ำ เพื่อหาจุดแตกหักหรือบิดโค้งบนลิงก์สายไฟเบอร์

เครื่องมือทดสอบ และแก้ปัญหา สายไฟเบอร์

ตรวจสอบความสกปรก
หรือความเสียหายที่หน้าตัดสาย

จัดระดับและตรวจสอบคุณภาพหน้าตัด

การส่องสว่างของพอร์ต

การจับไฟสัดอัตโนมัติ

ทำความสะอาดคราบสกปรก

ตรวจสอบการเชื่อมต่อ

ตรวจสอบข้อบกพร่องของพลังงาน

ตรวจสอบการสูญเสีย
ตลอดเส้นทางเพื่อให้มั่นใจว่า
ไม่เกินค่ามาตรฐาน

ทดสอบค่าสูญเสียบนสายแบบ Dual

การตรวจรับรองแบบ Tier 1 กับสายซิงเกิลโหมด

การตรวจรับรองแบบ Tier 1 สำหรับ
มัลติโหมดที่ได้มาตรฐาน Encircled Flux

ตรวจหาตำแหน่งที่มีปัญหา

ตรวจรับรองแบบ Tier 2

แสดงผล Pass/Fail

ทำรายงานผลการทดสอบเป็นเอกสาร

ประเภทสายที่รองรับ

ประเภทแหล่งกำเนิดแสง

	การตรวจสอบและทำความสะอาด				การทดสอบ MPO	การทดสอบการสูญเสีย (การตรวจรับรองแบบ Tier 1)		การหาข้อมูลลักษณะของระบบและแก้ไขปัญหา (การตรวจรับรองแบบ Tier 2)		
										
ตรวจสอบความสกปรกหรือความเสียหายที่หน้าตัดสาย	Single	Single, MPO ¹	Single, MPO				Single ¹ , MPO ¹			Single ¹ , MPO ¹
จัดระดับและตรวจสอบคุณภาพหน้าตัด		Single	Single, MPO				Optional			Optional
การส่องสว่างของพอร์ต	✓		✓				Optional			Optional
การจับไฟสัดอัตโนมัติ	✓		✓				Optional			Optional
ทำความสะอาดคราบสกปรก				✓						
ตรวจสอบการเชื่อมต่อ					✓	✓	✓	✓		✓
ตรวจสอบข้อบกพร่องของพลังงาน					✓	✓	✓	✓		
ตรวจสอบการสูญเสียตลอดเส้นทางเพื่อให้มั่นใจว่าไม่เกินค่ามาตรฐาน					✓	✓	✓			
ทดสอบค่าสูญเสียบนสายแบบ Dual							✓			✓
การตรวจรับรองแบบ Tier 1 กับสายซิงเกิลโหมด					✓	✓	✓			
การตรวจรับรองแบบ Tier 1 สำหรับมัลติโหมดที่ได้มาตรฐาน Encircled Flux					EF compliant at the bulkhead	with EF TRC's	✓			
ตรวจหาตำแหน่งที่มีปัญหา								✓	✓	✓
ตรวจรับรองแบบ Tier 2										✓
แสดงผล Pass/Fail		✓	✓		✓		✓		✓	✓
ทำรายงานผลการทดสอบเป็นเอกสาร		✓	✓		✓	✓	✓			✓
ประเภทสายที่รองรับ	Multimode Single-mode	Multimode Single-mode, MPO	Multimode Single-mode, MPO	Multimode Single-mode, MPO	MPO (Multimode and Single-mode)	Multimode Single-mode	Multimode Single-mode	Multimode Single-mode	Multimode Single-mode	Multimode Single-mode
ประเภทแหล่งกำเนิดแสง					LED, FP Laser	LED, FP Laser	LED, FP Laser	Laser	Laser	LED, FP Laser

¹Optional

แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม

- **Cabling Chronicles blog:** เรื่องราวอัปเดตล่าสุดเกี่ยวกับมาตรฐาน เคล็ดลับการทดสอบ และความรู้พื้นฐานด้านสายเคเบิล
www.flukenetworks.com/blog
- **คู่มือทางการ และบทความที่ให้ความรู้:** เต็มไปด้วยผลการศึกษาที่ลงลึกในรายละเอียด และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับเรื่องสายเคเบิลที่เกี่ยวข้อง
www.flukenetworks.com/support
- **ความช่วยเหลือทางเทคนิคชั้นนำ** จากศูนย์ให้ความช่วยเหลือทางเทคนิค (TAC) ของเราที่มีประสบการณ์มายาวนาน
ติดต่อทางอีเมล support@flukenetworks.com
- **คอร์สเรียนจาก Certified Test Technician Training (CCTT)** ที่มีพร้อมให้เข้าถึงจากทั่วโลก
www.flukenetworks.com/cctt
- **โปรแกรมสมาชิกแบบ Gold Services:** ให้การบำรุงรักษาและซัพพอร์ตอย่างครอบคลุม ที่รวมไปถึงการซ่อมบำรุงให้ก่อนรายอื่นพร้อมอุปกรณ์สำรองให้ยืมใช้ชั่วคราว การสอบเทียบประจำปี และการซัพพอร์ตจาก TAC แบบอภิสิทธิ์เหนือระดับที่ครอบคลุมช่วงหลังเวลาทำการและสุดสัปดาห์ด้วย
www.flukenetworks.com/gold