JUPITER PRIME

Consulting • Training • Advisory

جوبيتر برايم للاستشارات والتدريب

كتيّب الدورة

# دورة متقدمة في تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM

29 مارس – 9 أبريل 2027

سنغافورة

info@jupiterprime.uk

jupiterprime.uk

مسجّلة في المملكة المتحدة والمملكة العربية السعودية

# دورة متقدمة في تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM

**المرجع:** 40283_1069 **التاريخ:** 29 مارس – 9 أبريل 2027 **المكان:** سنغافورة **الرسوم:** GBP 12000

تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM دورة تدريبية مدتها أسبوعين لمهندسي الإرسال ومخططي الشبكات الذين يصممون وصلات تعدد الإرسال بتقسيم الطول الموجي الكثيف ويشغلونها، ويخرج كل مشارك بملف تصميم وتشغيل وصلة DWDM جاهز للاعتماد. ومع تنامي حركة البيانات من مراكز البيانات السحابية وشبكات الربط الخلفي للهاتف المحمول وشبكات الكهرباء، صار على كل زوج ألياف أن يحمل أطوالا موجية أكثر بهامش خطأ أضيق. وتقدم هذه الدورة جوبيتر برايم للتدريب.

## لماذا تهم تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM الآن

ينتقل المشغلون من قنوات ثابتة بسعة 100G إلى حوامل متماسكة بسعة 400G و800G على شبكة ترددات مرنة، بينما تحل عقد الإضافة والإسقاط القابلة لإعادة التهيئة محل التوصيل اليدوي. وكل خطوة من هذه الخطوات ترفع حساسية الوصلة للتشتت اللوني وتأثيرات الاستقطاب والعقوبات اللاخطية. فالمخطط الذي يحسب نسبة الإشارة الضوئية إلى الضوضاء بدقة يستطيع إضافة سعة جديدة على الألياف القائمة بدلا من مد كابلات جديدة، أما من يعتمد على التخمين فيواجه إخفاقات في التشغيل الأولي وإنذارات غير مستقرة وزيارات ميدانية مكلفة. وتعتمد الدورة أعراف شبكة الترددات وفق توصيات ITU-T وأساليب تخطيط محايدة تجاه الموردين.

## المستفيدون من تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM

- مهندسو الإرسال المسؤولون عن تشغيل المقاطع الضوئية الطويلة وشبكات المدن وصيانتها
- مخططو الشبكات الذين يحددون عدد الأطوال الموجية والمضخمات ومواقع إعادة التوليد
- فرق التشغيل التي تتعامل مع الإنذارات الضوئية وأعطال الألياف واستعادة الخدمة
- مهندسو الربط بين مراكز البيانات عبر ألياف معتمة مستأجرة أو مملوكة
- مهندسو الاتصالات في شبكات الكهرباء وخطوط الأنابيب الذين يديرون مسارات الألياف المدمجة في سلك الأرضي العلوي

وتستفيد الفرق المختلطة من المخططين والمهندسين الميدانيين أكثر من غيرها، لأن افتراضات التصميم وقياسات المواقع تلتقي أخيرا في ميزانية وصلة واحدة مشتركة.

## قدرات تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM

يتدرب المشاركون على تحويل بيانات توصيف الألياف إلى خطط أطوال موجية عاملة تجتاز اختبارات القبول من المرة الأولى.

- حساب ميزانيات القدرة الضوئية ونسبة OSNR عبر وصلات متعددة المقاطع المضخمة — المخططون عند اعتماد المسار
- اختيار تباعد القنوات والشبكة الثابتة أو المرنة ونمط التضمين لكل طلب سعة — مالكو السعة
- تحديد مواقع مضخمات الإربيوم ومضخمات رامان وإعدادات كسبها — فرق التشغيل الميداني
- تصميم بنية عقد ROADM بمنافذ مستقلة عن اللون والاتجاه — مهندسو بنية الشبكة
- تشخيص التشتت وتشتت نمط الاستقطاب والتشوهات اللاخطية من منحنيات OTDR ومحلل الطيف — مراكز التشغيل
- تخطيط الحماية والاستعادة والأطوال الموجية الاحتياطية — مديرو الخدمة أمام أهداف الانقطاع

## مصطلحات تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM الأساسية

- DWDM — تعدد الإرسال بتقسيم الطول الموجي الكثيف، أي حمل قنوات ضوئية كثيرة متقاربة على ليف واحد، غالبا في النطاق C.
- OSNR — نسبة الإشارة الضوئية إلى الضوضاء، أي نسبة قدرة القناة إلى ضوضاء الانبعاث التلقائي المضخم، وهي التي تحدد مدى الاستقبال.
- EDFA — مضخم ليفي مطعم بالإربيوم يرفع قدرة جميع قنوات النطاق C معا دون تحويل الضوء إلى إشارة كهربائية.
- ROADM — معدد إضافة وإسقاط ضوئي قابل لإعادة التهيئة، يضيف الأطوال الموجية أو يسقطها أو يمررها عن بعد عبر مفاتيح انتقائية.
- التشتت اللوني — اتساع النبضة لأن الأطوال الموجية المختلفة تنتقل بسرعات مختلفة، ويعالج رقميا في المستقبلات المتماسكة.
- الشبكة المرنة — خطة قنوات تستخدم شرائح عرضها 12.5 GHz بحيث يشغل كل حامل الطيف الذي يحتاجه معدل رموزه فقط.

## تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM يوما بيوم

### اليوم 1: أسس الإرسال الضوئي

- أنواع الألياف ونوافذ التوهين — اختيار مسارات G.652 أو G.655
- مصادر الضوء والمرسلات المستقبلات — مواءمة الليزر مع مسافة الوصلة
- نطاقات الأطوال الموجية وخطط القنوات — ضبط توزيع النطاق C
- فقد الإدخال في المكونات الخاملة — احتساب كل موصل ووصلة
- فئات السلامة للقدرة الضوئية — اعتماد ممارسات العمل الآمن

## اليوم 2: بنية تعدد الإرسال

- معددات الأغشية الرقيقة ومعددات AWG — اختيار تقنية المرشح
- التباعد الثابت مقابل الشبكة المرنة — تخصيص شرائح الطيف
- الطوبولوجيا النقطية والحلقية والشبكية — مواءمة الطوبولوجيا مع الحركة
- تعدد الإرسال الخشن مقابل الكثيف — تحديد مواضع كفاية CWDM
- المحولات الطرفية ومجمعات القنوات — تجميع خدمات العملاء

## اليوم 3: التضخيم الضوئي

- تسوية كسب EDFA وميله — ضبط ملامح المضخمات
- تضخيم رامان على المقاطع الطويلة — تبرير الكسب الموزع
- أدوار المضخم المعزز والخطي والمسبق — تحديد موضع كل مرحلة
- عامل الضوضاء وتراكم ASE — الحد من الضوضاء المتتالية
- حلقات التحكم الآلي في القدرة — تثبيت القنوات عند الإضافة والإسقاط

## اليوم 4: هندسة ميزانية الوصلة

- جداول ميزانية القدرة — تأكيد حدود فقد المقطع
- ميزانية OSNR عبر المقاطع — إثبات هامش الاستقبال
- هوامش التقادم والإصلاح — حجز احتياطي لوصلات اللحام
- اختيار مواقع إعادة التوليد — تقسيم المسارات التي نفد هامشها
- التحقق من أدوات التخطيط — مقارنة البرمجيات بالحسابات اليدوية

## اليوم 5: تشوهات الإرسال

- سلوك التشتت اللوني — الاختيار بين التعويض الضوئي والرقمي
- تشتت نمط الاستقطاب — فحص الألياف القديمة
- التضمين الطوري الذاتي والمتقاطع — تحديد سقف قدرة الإطلاق
- الخلط رباعي الموجات على الألياف منخفضة التشتت — تجنب مزالق التباعد غير المتساوي
- الانعكاس وفقد الارتداد — تنظيف الموصلات وفحصها

## اليوم 6: الإرسال المتماسك

- تضمين QPSK وQAM16 والتشكيل الاحتمالي — الموازنة بين المدى والسعة
- معدل الرموز والعرض الطيفي — تحديد حجم الحوامل على الشبكة المرنة
- معالجة الإشارة الرقمية في المستقبلات — الاعتماد على التعويض الإلكتروني
- عتبات تصحيح الأخطاء الأمامي — قراءة معدلات الخطأ قبل التصحيح
- البصريات المتماسكة القابلة للتركيب في الموجهات — تحديد متى يستغنى عن المحولات الطرفية

## اليوم 7: شبكات ROADM والتحكم فيها

- تشغيل المفتاح الانتقائي للطول الموجي — توجيه القنوات عن بعد
- العقد المستقلة عن اللون والاتجاه والتعارض — تحديد مرونة العقدة
- مراقبة القنوات الضوئية — التحقق من قدرة كل قناة
- التحكم الضوئي المعرف بالبرمجيات — أتمتة تجهيز الأطوال الموجية
- الأطوال الموجية الأجنبية على أنظمة الخطوط المفتوحة — قبول حوامل من أطراف ثالثة

## اليوم 8: الاختبار والتشغيل الأولي

- قراءة منحنيات OTDR — تحديد مواقع فقد اللحام والانحناء
- قياسات محلل الطيف الضوئي — تأكيد OSNR داخل النطاق
- اختبار معدل خطأ البتات الممتد — قبول الطول الموجي في الخدمة
- إجراءات فحص وجه الموصل — منع أعطال التلوث
- سجلات القبول والقياسات المرجعية — حفظ المنحنيات المرجعية

## اليوم 9: التطبيقات والحماية والتشغيل

- الربط بين مراكز البيانات عبر الألياف المعتمة — تحديد سعة شبكات المدن
- مسارات الألياف في سلك الأرضي العلوي لشبكات الكهرباء — نقل حركة التحكم بالشبكة
- مخططات الحماية في الطبقة الضوئية — الاختيار بين 1+1 والاستعادة
- ربط الإنذارات وعزل الأعطال — تقصير زمن الإصلاح
- رفع السعة على الأنظمة العاملة — إضافة قنوات دون انقطاع

## اليوم 10: ممارسة ملف تصميم وتشغيل وصلة DWDM

- مراجعة بيانات المسار — تطبيق اختيارات الألياف والمضخمات من الأيام 1 إلى 3
- تشغيل ميزانية الوصلة كاملة — تطبيق حدود OSNR والتشوهات من اليومين 4 و5
- اختيار العقد والحوامل — تطبيق قرارات الإرسال المتماسك وROADM من اليومين 6 و7
- مراجعة الأقران لخطط الاختبار — مساءلة معايير القبول
- ملف تصميم وتشغيل وصلة DWDM — عرض الخطة المعتمدة

## تطبيق تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM بعد الدورة

- إعادة حساب ميزانية وصلة لمسار عامل وتوثيق المواضع التي تسمح بإضافة سعة على الألياف القائمة.
- اعتماد سجلات مرجعية من OTDR ومحلل الطيف لكل طول موجي جديد لمقارنة الأعطال بمنحنيات معروفة.

## أسئلة حول تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM

### ما تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM ولماذا تهم الآن؟

هي ممارسة حمل أطوال موجية كثيرة على ليف واحد وهندسة المضخمات والعقد والميزانيات حتى تصل الإشارة سليمة. وتتيح الحوامل المتماسكة والشبكة المرنة اليوم مضاعفة السعة على الكابلات القائمة، بشرط تخطيط الوصلة بهوامش دقيقة.

### ما الأدوار الأكثر استفادة من دورة تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM؟

يستفيد منها مهندسو الإرسال ومخططو الشبكات الضوئية وفرق مراكز التشغيل ومهندسو الربط بين مراكز البيانات ومهندسو اتصالات شبكات الكهرباء. وكل من يعتمد خطة أطوال موجية أو يشغل المضخمات أو يعزل الأعطال الضوئية سيطبق الأساليب فور عودته.

### كيف تختلف دورة تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM عن دورة عامة لتركيب الألياف؟

تركز دورات التركيب على اللحام ومناولة الكابلات واختبارات الفقد الأساسية. أما هذه الدورة فتعمل على مستوى الطول الموجي، فتغطي ميزانيات OSNR وتتالي المضخمات والتضمين المتماسك وتصميم ROADM والتشوهات اللاخطية التي تحدد قدرة الوصلة متعددة القنوات على نقل الحركة.

## ماذا أعود به من دورة تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM؟

تعود بملف تصميم وتشغيل وصلة DWDM لمسار واقعي، يضم ميزانيات القدرة وOSNR واختيارات المضخمات والعقد وخطة القنوات ومخطط الحماية وخطة اختبار القبول، ويمكن لفريقك إعادة استخدامه في المشاريع العاملة.

## تقنيات وتطبيقات الألياف الضوئية DWDM: الطريق إلى الأمام

ستواصل الشبكات الضوئية التوجه نحو معدلات رموز أعلى ونطاقات أوسع وتحكم آلي، لكن فيزياء الفقد والضوضاء والتشتت تبقى كما هي. والمهندسون الذين يحسبون الهوامش بأمانة ويختبرون مقابل قياسات مرجعية مسجلة سيضيفون السعة أسرع ويتجنبون إخفاقات التشغيل ويحافظون على الخدمات الحرجة. فكل طول موجي جديد قرار هندسي وليس مجرد توصيلة في لوحة.