اليوم الحادي عشر: أساسيات التوجيه والتوجيه الثابت (Routing Basics and Static Routing)

مقدمة عن التوجيه (Routing)

التوجيه (Routing) هو عملية اختيار أفضل مسار لنقل حزم البيانات من شبكة مصدر إلى شبكة وجهة، عبر شبكة من الراوترات. الراوتر (Router) هو جهاز يعمل في الطبقة الثالثة (Network Layer) من نموذج OSI، ودوره الأساسي هو فحص عنوان IP الوجهة في كل حزمة واتخاذ قرار بشأن المسار الذي ستسلكه. على عكس السويتش الذي ينقل الإطارات بناءً على عناوين MAC داخل نفس الشبكة، الراوتر يربط بين شبكات مختلفة وينقل الحزم بينها. هذا هو الفرق الجوهري: السويتش يبدل (Switching) داخل نفس الشبكة، والراوتر يوجه (Routing) بين شبكات مختلفة.

محتوى جدول التوجيه (Routing Table)

جدول التوجيه هو قاعدة بيانات مخزنة في ذاكرة الراوتر تحتوي على معلومات عن الشبكات التي يعرفها الراوتر وكيفية الوصول إليها. كل إدخال (Route Entry) في الجدول يحتوي عادةً على: - شبكة الوجهة (Destination Network): عنوان الشبكة التي نريد الوصول إليها. - قناع الشبكة (Subnet Mask): القناع المرتبط بتلك الشبكة. - القفزة التالية (Next Hop): عنوان IP للراوتر التالي في الطريق إلى الوجهة. - واجهة الخروج (Outgoing Interface): الواجهة التي يجب استخدامها للوصول إلى القفزة التالية. - المسافة الإدارية (Administrative Distance): مقياس لموثوقية مصدر المسار. - المقياس (Metric): تكلفة الوصول إلى الوجهة.

يمكن عرض جدول التوجيه باستخدام الأمر التالي:

```
Router# show ip route
```

أنواع المسارات في جدول التوجيه

المسارات في جدول التوجيه تنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية حسب كيفية تعلم الراوتر لها:

أولاً: المسارات المتصلة مباشرة (Directly Connected Routes): هذه هي المسارات التي يعرفها الراوتر بشكل تلقائي لمجرد أن لديه واجهة مهيأة بعنوان IP ومتصلة بشبكة معينة. عندما تقوم بتعيين عنوان IP لواجهة معينة وتشغيلها بـ `no shutdown`، يضيف الراوتر تلقائياً الشبكة المتصلة بتلك الواجهة إلى جدول التوجيه. تظهر هذه المسارات في جدول التوجيه بالرمز `C`. المسافة الإدارية لهذه المسارات هي 0، وهي أعلى موثوقية ممكنة.

ثانياً: المسارات الثابتة (Static Routes): هذه هي المسارات التي يقوم مهندس الشبكة بإضافتها يدوياً. تظهر بالرمز `S` في جدول التوجيه. المسافة الإدارية لها هي 1 (افتراضياً). سنشرحها بالتفصيل أدناه.

ثالثاً: المسارات الديناميكية (Dynamic Routes): هذه هي المسارات التي تتعلمها الراوترات بشكل تلقائي من خلال بروتوكولات التوجيه الديناميكي مثل OSPF و EIGRP و RIP. تظهر برموز مختلفة حسب البروتوكول (`O` لـ OSPF، `D` لـ EIGRP، `R` لـ RIP). المسافة الإدارية تختلف حسب البروتوكول.

التوجيه الثابت (Static Routing) بالتفصيل

التوجيه الثابت هو عملية إضافة مسارات يدوياً إلى جدول التوجيه. تستخدم المسارات الثابتة في الحالات التالية: الشبكات الصغيرة جداً (حيث يكون عدد المسارات قليلاً)، وصلات Point-to-Point (ربط راوترين فقط)، مسار احتياطي (Floating Static Route)، أو المسار الافتراضي (Default Route).

الصيغة العامة لأمر المسار الثابت هي:

```
Router(config)# ip route [network-address] [subnet-mask] [next-hop-address | ex
```

أنواع المسارات الثابتة

1. المسار الثابت المباشر (Directly Connected Static Route): نحدد فقط واجهة الخروج (exit-interface) دون تحديد عنوان القفزة التالية. يستخدم هذا النوع عادة على وصلات Point-to-Point التسلسلية (Serial links).

```
Router(config)# ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 GigabitEthernet0/1
```

2. المسار الثابت التكراري (Recursive Static Route): نحدد عنوان القفزة التالية فقط. يقوم الراوتر بالبحث في جدول التوجيه (بطريقة تكرارية) لمعرفة الواجهة التي سيستخدمها للوصول إلى عنوان القفزة التالية.

```
Router(config)# ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 10.0.0.2
```

3. المسار الثابت المحدد بالكامل (Fully Specified Static Route): نحدد كل من عنوان القفزة التالية وواجهة الخروج معاً. هذا يمنع الحاجة إلى البحث التكراري ويزيل أي غموض. مفيد عندما تكون القفزة التالية متصلة بشبكة متعددة الوصول (Multi-access مثل Ethernet).

```
Router(config)# ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 GigabitEthernet0/0 10.0.0.2
```

4. المسار الثابت العائم (Floating Static Route): هذا مسار ثابت عادي لكن مع مسافة إدارية (AD) أعلى. يستخدم كمسار احتياطي لبروتوكول التوجيه الديناميكي. إذا فشل المسار الديناميكي (ذو AD أقل)، يفعل المسار الثابت العائم.

```
Router(config)# ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 10.0.0.2 200
```

لاحظ الرقم 200 في نهاية الأمر. هذه هي المسافة الإدارية المخصصة لهذا المسار (AD القياسي للمسار الثابت هو 1، لكننا وضعنا 200 ليكون أقل تفضيلاً).

5. المسار الافتراضي (Default Route): هذا مسار خاص يطابق أي عنوان وجهة ليس له مسار محدد في جدول التوجيه. يستخدم للإشارة إلى "بوابة الخروج" نحو الإنترنت. يكتب الشبكة كـ 0.0.0.0 وقناع 0.0.0.0، حيث 0.0.0.0 تعني "أي شبكة".

```
Router(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 203.0.113.1
```

المسافة الإدارية (Administrative Distance - AD)

المسافة الإدارية هي مقياس موثوقية مصدر المسار. عندما يتعلم الراوتر عن نفس الشبكة من مصدرين مختلفين (مثلاً مسار ثابت ومسار من OSPF)، يستخدم المسافة الإدارية ليقرر أي مسار سيثق به ويضيفه إلى جدول التوجيه. كلما قل الرقم، زادت الثقة.

القيم الأساسية للمسافة الإدارية: - 0: المسارات المتصلة مباشرة (Connected). هذه هي الأكثر موثوقية. - **1:** المسارات الثابتة (Static). - **5:** EIGRP Summary Route. -**20:** BGP الخارجي. - **90:** EIGRP الداخلي. - **100:** IGRP (قديم). - **110:** OSPF (بروتوكول التوجيه الأكثر شيوعاً). - **115:** RIP - **120:** IS-IS. (بروتوكول بسيط). - **170:** BGP الداخلي. - **200:** مسار ثابت عائم. - **255:** غير موثوق (لا يستخدم).

أوامر التشخيص المهمة

show ip route: يعرض جدول التوجيه بالكامل. يمكنك إضافة عنوان شبكة محدد لعرض تفاصيل مسار معين. الرموز: C (مباشرة)، S (ثابتة)، S، D (EIGRP)، O (OSPF)، *O (مسار افتراضي ثابت).

```
Router# show ip route
Router# show ip route 192.168.2.0
```

ping: يستخدم لاختبار الاتصال بين جهازين. يرسل حزم ICMP Echo Request وينتظر Echo Reply. إذا نجح الـ ping، هذا يعني أن الاتصال يعمل في كلا الاتجاهين. رموز النتيجة: ! (نجاح)، . (فشل)، U (وجهة غير قابلة للوصول).

```
Router# ping 192.168.2.1
```

traceroute: يكشف المسار الذي تسلكه الحزم من المصدر إلى الوجهة، ويعرض كل راوتر في الطريق (hop). يعمل عن طريق إرسال حزم مع TTL متزايد. الحزمة الأولى TTL=1، فترفض من أول راوتر وترسل ICMP Time Exceeded، وهكذا. هذا يكشف تسلسل الراوترات في المسار. مفيد لتحديد أين يقع الازدحام أو الفشل في الشبكة.

```
Router# traceroute 192.168.2.1
```