



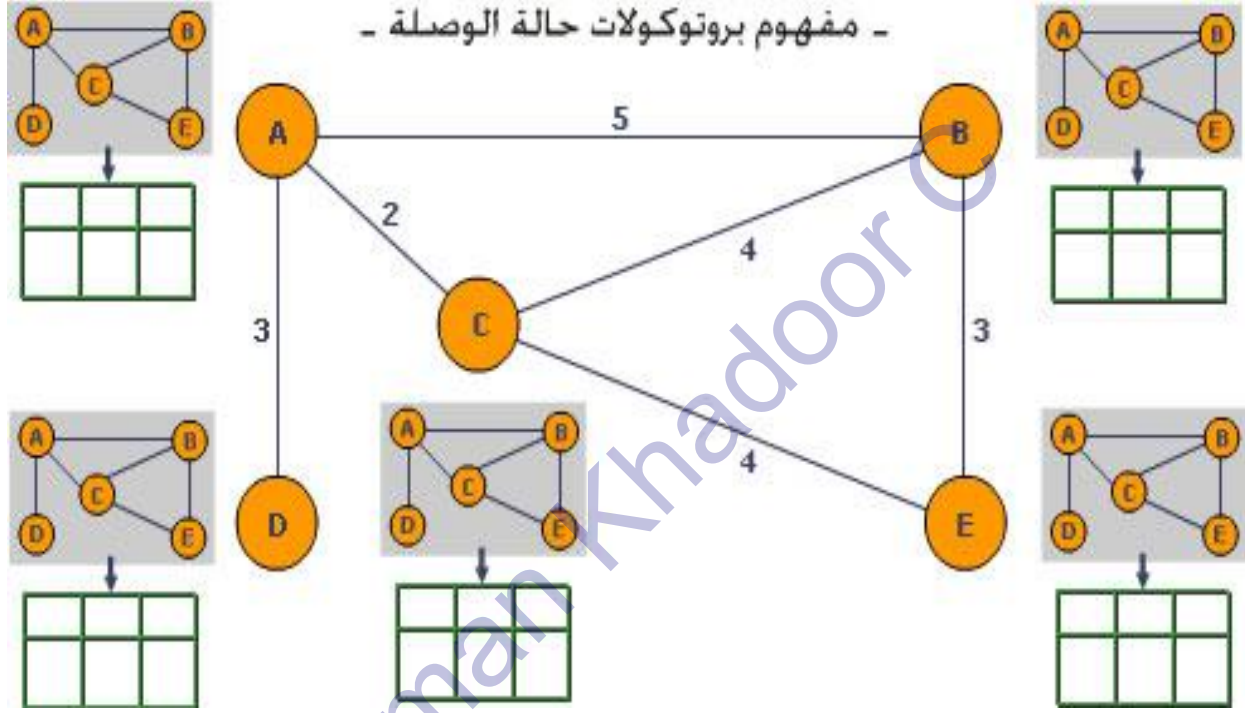
# **Network Protocols**

## **Practical session 4**

Sleman Khadoor  
slemankhadoorit@gmail.com

## Link State Routing protocols

تعتمد بروتوكولات حالة الوصلة على مبدأ إذا كانت كل الموجهات تعرف طوبولوجيا الشبكة (أي خريطة الموجهات والشبكات المتصلة بها)، فإن كل موجه قاد على تطبيق خوارزمية Dijkstra لإيجاد أقصر طريق إلى كل عقدة وبالتالي بناء جدول توجيهه بنفسه.



يلاحظ من الشكل السابق أن كل عقدة تملك خريطة الشبكة كاملة ، والسؤال هنا كيف تعرف كل عقدة (موجه) خريطة الشبكة ككل؟

حيث أنه منطقياً كل عقدة تعرف العقد المتصلة بها مباشرة وكلفة الوصول إلى كل منها.

### بناء جدول التوجيه:

- تقوم كل عقدة بإنشاء طرد LSP أو ما يسمى Link state Packet والذي يحوي حالة وكلفة وصلاتها مع جيرانها المباشرين.
- تعمم العقدة طرد ال LSP الخاص بها على جميع العقد باستخدام خوارزمية تعويم.

- تشكل كل عقدة شجرة أقصر الطرق.
- تبني كل عقدة جدول توجيهها اعتماداً على شجرة أقصر الطرق.

## إنشاء طرد ال LSP

يحتوي طرد LSP كميات كبيرة من المعلومات ومن أهم هذه المعلومات هوية العقدة، قائمة الوصلات، رقم تسلسلي وعمر للطرد. تفيد أول معلومتين في بناء طبولوجيا الشبكة، ويفيد الرقم التسلسلي في عملة التعويم لطرد ال LSP على باقي العقد، بينما يفيد عمر الطرد في منع بقاء الطرد لمدة طويلة ضمن الشبكة المترابطة.

يتم توليد طرد LSP في إحدى حالتين:

- عند حدوث تغيير في الشبكة
- بشكل دوري ويكون الدور كبيراً حوالي 60 دقيقة أو أكثر.

## تعويم طرد LSP

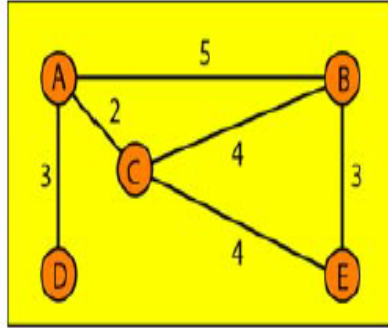
تقوم كل عقدة بعد إنشائها لطرد ال LSP بتعويمه على جميع العقد ضمن الطبولوجيا المترابطة وفق خوارزمية التعويم التالية:

- 1- ترسل العقدة الطرد الذي ولدته على جميع منافذها.
- 2- عندما تستقبل عقدة طرد LSP فإنها تقوم بمقارنته مع النسخة الموجودة لديها (الطرد السابق من نفس المصدر)، فإذا كان الطرد الذي استقبلته أقدم من الطرد الموجود لديها تقوم بإهمال الطرد الجديد (هنا يتم اختبار الرقم التسلسلي للطرد) أما إذا كان أحدث فإنها تحمل الطرد القديم وتحتفظ بالطرد الجديد، ومن ثم ترسل نسخة من الطرد الجديد على جميع البوابات عدا البوابة التي وصل منها الطرد.

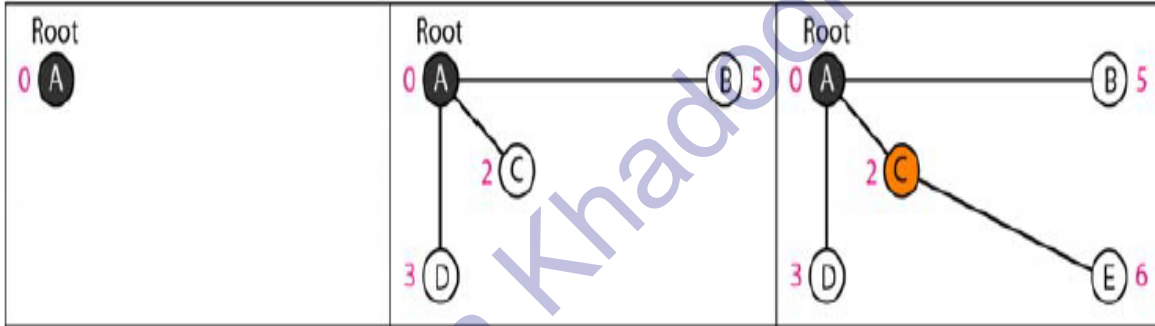
## تشكيل شجرة أقصر الطرق

بعد استقبال العقدة لطرد ال LSP من باقي العقد تصبح على علم بالطبولوجيا الكاملة للشبكة التي تمثل بيان (عقد ووصلات)، وتقوم بعدها العقدة بتشكيل شجرة أقصر الطرق باستخدام خوارزمية Dijkstra حيث تأخذ الخوارزمية دخلاً لها البيان الذي يمثل الطبولوجيا ويكون خرجها شجرة جذرها العقدة نفسها وكل مسار فيها هو أقصر مسار بين الجذر (العقدة نفسها) وعقدة أخرى ضمن الطبولوجيا.

سنوضح في المثال التالي آلية عمل خوارزمية Dijkstra



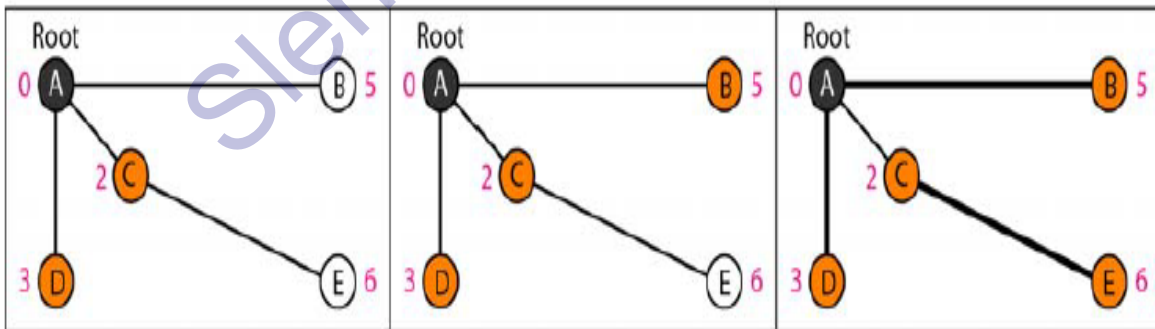
الطبولوجيا



1. اجعل A جذر root وانقله إلى القائمة المؤقتة

2. انقل A إلى القائمة الدائمة وأضف B و C و D إلى القائمة المؤقتة

3. انقل C إلى القائمة الدائمة وأضف E إلى القائمة المؤقتة



4. انقل D إلى القائمة الدائمة

5. انقل B إلى القائمة الدائمة

6. انقل E إلى القائمة الدائمة (القائمة المؤقتة تصبح فارغة)

تقسم الخوارزمية العقد إلى مجموعتين : مجموعة مؤقتة ومجموعة دائمة، حيث تقوم بإيجاد جيران العقدة الحالية وادخالهم إلى القائمة المؤقتة وإجراء اختبار عليهم لجعلهم عقد دائمة.

- في المثال السابق نحن نطبق خوارزمية Dijkstra ضمن الموجه A أي نحسب شجرة أقصر الطرق الخاصة ب A.
- نجعل العقدة A جذراً للشجرة وننقلها للقائمة المؤقتة. (القائمة الدائمة فارغة والقائمة المؤقتة تحوي A(0) )
- تملك العقدة A أقل كلفة تراكمية من بين العقد الموجودة في القائمة المؤقتة فنضيفها للقائمة الدائمة ونضيف جميع جيرانها المباشرين إلى القائمة المؤقتة. (القائمة الدائمة تحوي A(0) والمؤقتة تحوي B(5), C(2), D(3) )
- تملك العقدة C أقل كلفة تراكمية من بين عقد القائمة المؤقتة، لذلك ننقلها إلى القائمة الدائمة. يوجد ل C ثلاث جيران مباشرين ولكننا قد عالجنا العقدة A ولذلك يبقى لدينا العقدتين B و E . العقدة B موجودة حالياً ضمن القائمة المؤقتة بكلفة 5، ونلاحظ أن العقدة A يمكنها الوصول إلى B عبر C بكلفة تراكمية 6. وبما أن القيمة القديمة أقل نقوم بالاحتفاظ بها. (القائمة الدائمة تحوي A(0), C(2) والمؤقتة تحوي B(5), E(6), D(3) )
- تملك العقدة D أقل كلفة تراكمية من بين عقد القائمة المؤقتة، لذلك ننقلها إلى القائمة الدائمة، وبما أن جميع جيران D قد تمت معالجتها لا نضيف أي عقد إلى القائمة المؤقتة.
- (القائمة الدائمة تحوي A(0), C(2), D(3) والمؤقتة تحوي B(5), E(6) )
- تملك العقدة B أقل كلفة تراكمية من بين عقد القائمة المؤقتة، لذلك ننقلها إلى القائمة الدائمة، ونضيف جيران العقدة B الذين لم تجري معالجتهم أي E بكلفة 8 ولكن العقدة E موجودة مسبقاً في القائمة المؤقتة بكلفة 6 لذلك نحافظ على القيمة القديمة. (القائمة الدائمة تحوي A(0), C(2), D(3), B(5) والمؤقتة تحوي E(6) )
- نقل العقدة E إلى القائمة الدائمة، فتصبح القائمة المؤقتة فارغة ويتوقف التنفيذ.

### حساب جدول التوجيه من شجرة أقصر الطرق

اعتماداً على النتائج التي حصلنا عليها من تطبيق الخوارزمية على المثال السابق نجد جدول التوجيه الخاص ب A كالتالي:

Node	Cost	Next Router
A	0	---
B	5	---
C	2	---
D	3	---
E	6	C

## سندرس بروتوكول ال OSPF الذي يعتمد على الخوارزمية السابقة:

### مرحلة الإقلاع (at start up)

#### • اكتشاف الجيران

لكي تتبادل الموجهات معلومات التوجيه يجب أن تكون الموجهات جيران ولكي تعتبر الموجهات بعضها جيران يجب أن تتفق الموجهات على بعض الأمور التي تتبادلها برسائل تسمى hello messages

- يجب أن تكون منافذ الموجهين من نفس الشبكة .
- يجب أن يكون المجال الزمني لرسائل ال hello أو ما يسمى hello interval متماثلاً.
- يجب أن يكون المجال الزمني للانقطاع أو ما يسمى dead interval متماثلاً.
- يجب أن يكون مميز المنطقة (Area ID) متماثلاً.
- يجب أن يستخدم الوجهين نفس نمط المصادقة (authentication type).
- يجب أن تستعمل الموجهات نفس بروتوكول التغليف في الطبقة الثانية (HDLC, PPP,....)

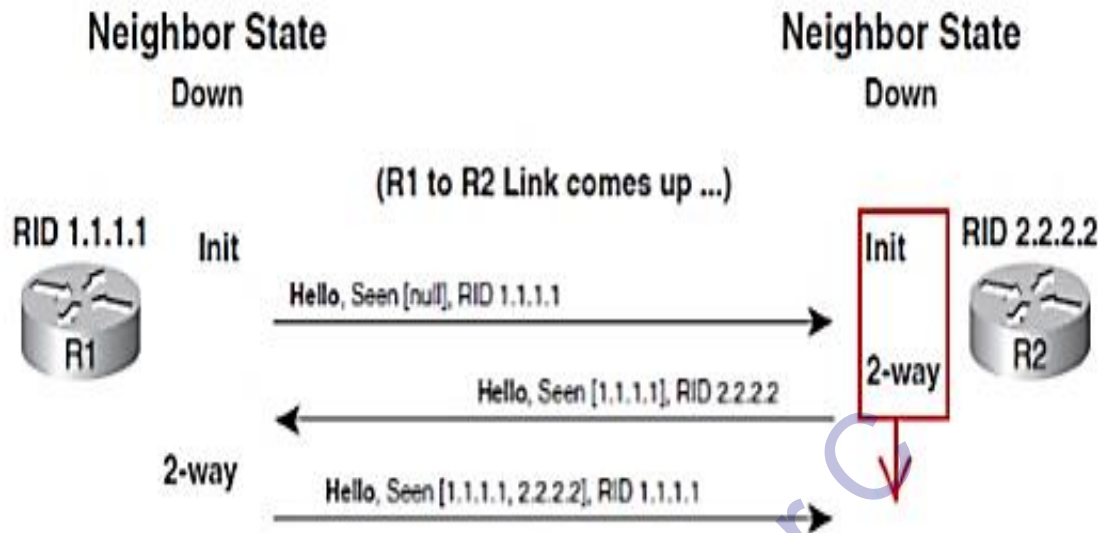
إذا تحققت الشروط السابقة تعتبر الموجهات بعضها جيران.

تحتوي رسائل ال hello إضافة إلى المعلومات السابقة حقلين هما RID، Seen Routers.

RID هو معرف للموجه (جميع المنافذ ترسل نفس المعرف).

### تحتوي رسائل ال hello المعلومات التالية:

- RID ✓
- Priority ✓
- Area ID ✓
- Subnet mask and network ID ✓
- RID of Designated Router (DR) ✓
- RID of back up Designated Router (BDR) ✓
- Hello interval ✓
- Dead interval ✓
- Authentication ✓
- Authentication type ✓



- تبادل المعلومات Database exchange
  - يقوم كل موجه بإنشاء طرد LSA (Link state advertisement) يحوي هذا الطرد الشبكات المتصلة بالموجه وحالتها وكلفة الوصول إليها .
  - كل موجه يقوم عندما يستقبل طرد LSA من موجه ما يقوم بتخزين نسخة منه وسيُرسل هذه المعلومات مع معلوماته ضمن نفس الرزمة إلى باقي الموجهات عدا الموجه الذي أرسل إليه الطرد ويسمى الطرد الذي يحوي بيانات أكثر من موجه في حالتنا هذه LSU(link state update)
  - حين يحصل موجه ما على البيانات الخاصة بجميع الموجهات يصبح لديه ما يسمى (Link state data base) LSDB التي يستخدمها لبناء طبولوجيا الشبكة فيصبح لدى كل موجه بيان عُقده تمثل موجهات ووصلاته تمثل الكابلات التي تربط الموجهات.
- يستخدم الموجه السابق ويطبق عليه خوارزمية Dijkstra لرسم شجرة أقصر الطرق.

### مرحلة الاستقرار (at convergence)

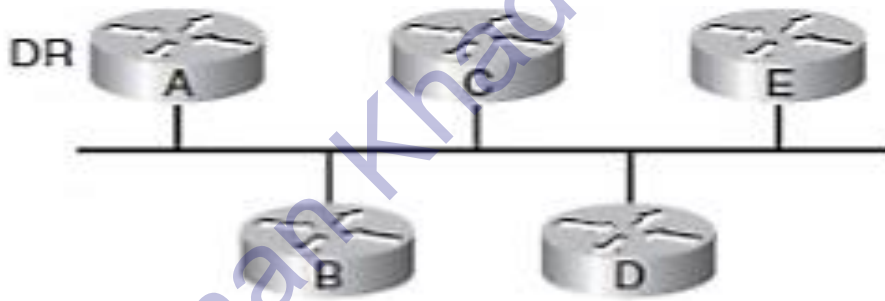
- يرسل الموجه طرد LSA كل 30 دقيقة.
- يرسل الموجه رسالة hello كل hello interval.

## عند حدوث تغيير في الطوبولوجيا (at change)

- الموجه عند حدوث تغيير في الشبكات المتصلة به يرسل تحديث جزئي (وليس كامل المعلومات التي يملكها كما في حالة ال RIP الذي يرسل جدولته كاملاً).

تربط الموجهات مع بعضها إما عن طريق وصلات point to point أو ضمن نطاق بث عام واحد تربط فيه الموجهات إلى مبدل مركزي.

في الحالتين ترسل رسائل hello على عنوان البث المتعدد (multicast) 224.0.0.5 كل 10 ثواني (أي أن ال hello interval يساوي 10 ثواني)، ويكون ال dead interval مشسواياً أربعة أضعاف ال hello interval أي 40 ثانية.



يوضح الشكل السابق ربط الموجهات في نطاق بث عام، وفي هذه الحالة يجري انتخاب (Designated router (DR و Backup Designated Router (BDR حيث ترسل الموجهات طرود ال LSA الى كل من ال DR و BDR ويقوم ال DR بدوره بإرسال المعلومات التي يحتاجها كل موجه اليه.

ينصت الموجهين DR و BDR على عنوان البث المتعدد 224.0.0.6 إضافة إلى العنوان 224.0.0.5 الذي تنصت عليه باقي الموجهات.

عند إضافة موجه جديد إلى الطوبولوجيا السابقة يقوم بإرسال طلب (link state request (LSR فيرد عليه ال DR ويزوده بالمعلومات التي يحتاجها.



## كيف يتم انتخاب ال Designated Router و Backup Designated Router

تجري عملية الانتخاب وفقاً لحالات معينة كالتالي:

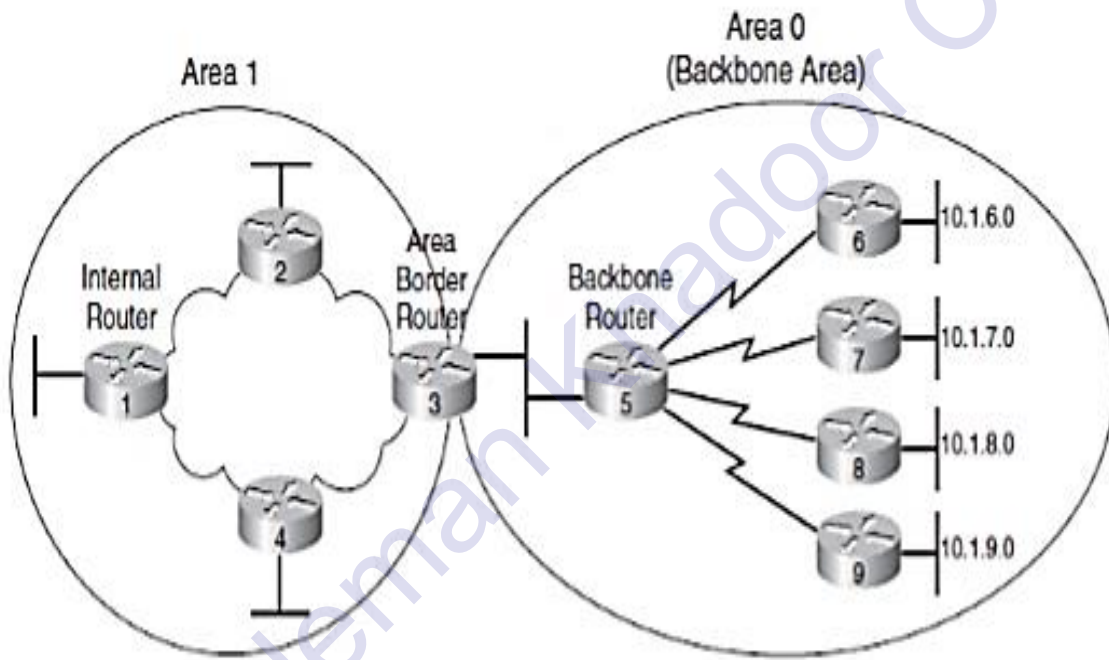
- 1- أول موجه يشغل OSPF ضمن الشبكة سينتظر 40 ثانية ليجد موجهات أخرى تشارك في عملية الانتخاب وإذا لم يشاركه أحد يعتبر نفسه ال DR وثاني موجه يعمل بعده يصبح ال BDR .
- 2- لو عدة موجهات قامت بتشغيل ال OSPF معاً سيجري انتخاب ال DR اعتماداً على قيمة ال Priority الذي تأخذ افتراضياً القيمة 1 على جميع الموجهات ويمكن ضبطها بشكل يدوي. قيمها ضمن المجال (0-255) وبناء على ذلك الموجه الذي أقوم باعطائه Priority مساوية للصفر لن يصبح أبداً DR أو BDR.
- في حالة الوصلات point to point بين الموجهات تكون قيم ال priority دوماً صفر لأنه في هذه الطوبولوجيا لا يوجد DR أو BDR.
- 3- في حال تساوت الموجهات بقيمة ال priority يتم الانتخاب اعتماداً على Router ID أو ما يرمز له RID حيث أن الموجه ذو ال ID الأعلى يعتبر هوي ال DR.
- يبلغ طول ال Router ID 32 بت ويتم حسابه بإحدى الطرق التالية:
  - i) بشكل يدوي حيث يتم ضبط ال ID في إعدادات الموجه.
  - ii) إذا لم يتم ضبط ال ID بشكل يدوي يتم أخذ أكبر عنوان من عناوين ال loopback interface
  - iii) إذا كانت ال loopback غير مضبوطة يتم النظر إلى عناوين ال IP الخاصة بالمنافذ الفيزيائية المفعلة ويعتبر أكبرها هو ال RID.

## مفهوم ال area

تقسيم الطبولوجيا تصميمياً لمناطق (حسب Cisco يفضل أن تحوي ال Area 50-70 موجه).

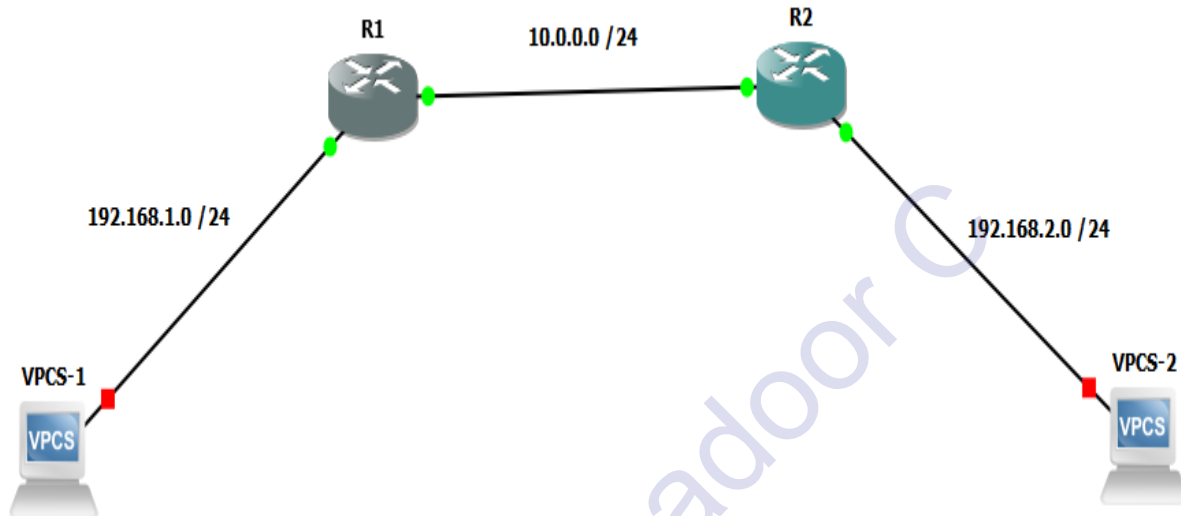
اول area يتم انشائها هي area 0 وتسمى backbone area وأي موجه ينتمي اليها يسمى backbone router وذلك يجب في كل area جديدة أن يوجد موجه له منفذ تابع لل area 0.

الموجه الذي ينتمي لأكثر من area يسمى area border router.



## التطبيق العملي

نقوم بتجهيز المخطط التالي وإعطاء المنافذ عناوين من الشبكات الموضحة.



ومن ثم نقوم بتفعيل ال ospf كالتالي :

في وضع الاعدادات في الموجه R1 نكتب التعليمات

```
R1(config)#router ospf 1
```

حيث يشير الرقم 1 إلى رقم العملية الخاصة بال ospf التي سيشغلها الموجه (يمكن للموجه تشغيل عدد كبير من عمليات ال ospf) وهذا الرقم محلي أي ضمن الموجه نفسه وبالتالي ليس بالضرورة أن يشغل جيران هذا الموجه عملية ospf بنفس الرقم ليتم التفاهم.

ثم نعلم الموجه ما هي الشبكات التي سوف تعمل عليها هذه العملية من ال ospf أو بدلا من الشبكات نعلمه منافذ الموجه التي تنتمي لهذه الشبكات:

```
R1(config-router)#network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
```

```
R1(config-router)#network 192.168.1.1 0.0.0.0 area 0
```

واستخدمنا ما يسمى wild card mask لنحدد الشبكة أو المنفذ.

حيث أن ما يقابل الصفر هو ما يتم اعتباره شيء أساسي وتجري مقارنة القيم اعتماداً عليه. فمثلاً في التعليمات الأولى التي علمنا الموجه أن يطبق الـ ospf على أي منفذ يبدأ عنوانه الـ 10.

وفي التعليمات التي تليها علمناه أن يطبق الـ ospf على المنفذ الذي عنوانه 192.168.1.1

ومن ثم نقوم بعمليات مشابهة على الموجه R2 ونعلمه الشبكات الخاصة به .

عند استعراض جدول التوجيه لدى الموجه R1 نجده كالتالي:

```
R1#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       10.0.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
L       10.0.0.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0
    192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
L       192.168.1.1/32 is directly connected, FastEthernet0/1
O       192.168.2.0/24 [110/2] via 10.0.0.2, 00:38:55, FastEthernet0/0
```

وعند استعراض جدول R2 نجده كالتالي:

```
R2#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       10.0.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
L       10.0.0.2/32 is directly connected, FastEthernet0/0
O       192.168.1.0/24 [110/2] via 10.0.0.1, 00:41:22, FastEthernet0/0
    192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
L       192.168.2.1/32 is directly connected, FastEthernet0/1
```