إعداد م/ محمد شايع

OSFPv2

كيف يعمل OSPF (Operation of OSPF)

نستطيع تلخيص عمل (OSPF) بالتالي: -

1- عندما يتم تفعيل (OSPF Protocol) عل Router تبداء في إرسال (Hello Packet) في كل الاتجاهات على (Link) ونفس الطريقة تحدث مع كل Routers الاخرى وبالتالي عندما تصل (Hello Packet) إلى Router التي تم تفعيل (OSPF protocol) عليها، يتم فحص مجموعة من الشروط (Parameters) التي تم استلامها من خلال (Hello Packet) فإن طابقت (Parameters) التي فحصت التي لديه يتم قبول إقامة علاقة جوار.
2- تتم تكوين علاقة الجوار في حالة (Virtual Point-to-Point) بناء على التالي:-
   - نوع الشبكة (Network Type) اي نوع الشبكة التي تيم من خلالها تبادل (Hello Packet).
   - نوع الاجهزة (Router Type) اي التي تتبادل (Hello Packet).
3- كل (Router) يرسل (Link State Advertisement or LSA)عبر كل الجيران وهذه (LSA) تصف التالي: -
   - كل (Router's Link) وكذلك كل (Interfaces).
   - كل (Router's Neighbors)
   - حالة الـ (Links) هذه Link ربما تكون Stub اي (ليس لديها اي علاقة جوار أخرى) وبالتالي يسبب إختلاف انواع الـ Link في الشبكة يكون لدى شبكات OSPF عدة أنواع من LSA.
4- عندما تكتمل إنشاء علاقات الجوار يبداء Router في إرسال وإستقبال LSA فعندما يستقبل LSA جديدة يعمل على اخذ نسخة منها ووضعها في قاعدة بيانات خاصة به تسمى (Link State Data Base or LSDB) ويأخذ نسخة أخرى ويرسلها إلى من لديه علاقة جوار معه.
5- عن طريق عملية Flooding للـ LSA داخل Area فإنه كل Routers يجب أن يكون لديه نفس LSDB لأنهم جميعاً يستقبلون نفس LSA.
6- بعد عملية الإنتهاء من بناء LSDB تأتي عملية تطبيق خوارزمية (Shortest Path First or SPF) لحساب المسار الأقصر(Lowest cost) مع ضمان Loop-Free طبعاً يكون هو Root لتكون شكل شجرة Tree.
7- يتم بعد ذلك تحويل أقصر المسارات إلى Destinations إلى جدول جديد يسمى Routing Table.
8- بعد ذلك تتم كل فترة معينة تبادل (Hello Packet) التي تحفظ استمرارعلاقة الجوار (Keepalive) وفي كل 30 دقيقه تتم تبادل LSA طبعا مادامت الشبكة مستقرة.

الجوار وعلاقات الجوار (Neighbors & Adjacencies)

بعد نجاح إقامة علاقة الجوار بين Routers التي تطابقت في (Parameters) تتم تسجل الجار مع المنفذ (Link) الذي هو موجود عليه مع معلومات أخرى في جدول يسمى (Neighbor Table) نستطيع رؤيته عن طريق إستخدام أمر (show ip ospf neighbor).

السؤال هنا كيف يتم تسجيل أو كتابه اسم الجار في الجدول؟

الأجابة هي أنه تتم استخدام مايسمى (Router ID or RID) والذي يكون فريداً داخل OSPF Domain.

السؤال الاخر ماهو RID او كيف يتم إختياره؟

الإجابة هي تتم عبر مطابقة احد الشروط بالترتيب : -

1- استخدام امر (router-id xx.xx.xx.xx) بشكل يدوي.
2- في حالة عدم استخدام (router-id xx.xx.xx.xx) يتم البحث عن أكبر قيمة حسابية لـ (IP Address) لأي منفذ Loopbackعلى Router.
3- في حالة عدم وجود أي Loopback على Router يتم إختيار أكبر قيمة حسابية لـ (IP Address on any Physical Interfaces) بشرط يكون يعمل.

من أهم مميزات استخدام Loopbackعلى انه RID: -

1- انه يحفظ (Router) في حالة إستقرار بشكل دائم وبالتالي فإنه يعمل أول ما يقلع (Router) ولايغلق إلا في حالة إغلاق (Router).
2- Administrator يميل إلى استخدام عناوين يتم تحديدها أو إستخدامها لتكوين RID.

Hello Protocol

وهي عملية التأكد من بقاء علاقة الجوار بين Routers ولها عدة أهداف: -

1- تعني أنه تم إكتشاف جار.
2- الـ Parameters الموجودة في (Hello Packet) يجب أن تتم مطابقتها قبل ان يصيح (Two Routers) جيران.
3- هي عبارة عن (Keepalive) بين الجيران.
4- تضمن إتصال (Bidirectional) بين الجيران.
5- من خلال الـ (parameters) الموجودة في (Hello) تتم إختيار DR (Designated Router) وكذلك BDR (Backup Designated Router) في شبكات Broadcast وكذلك شبكات NonBroadcast Multi-access (NBMA).

تتم إرسال (Hello Packet) بين الجيران كل 10ثانية في حالة شبكات Broadcast وكل 30ثانية في حالة NonBroadcast هذا الوقت يسمى بـ (HelloInterval) نستطيع تغييره من خلال الأمر التالي (ip ospf hello-interval) على مستوى Interface، في حالة إنقضاء الوقت المحدد ولم يتم إستقبال (Hello Packet) يتم إعلان أن Router في حالة (Dead) هذا الوقت يسمى (RouterDeadInterval) والذي يساوي بشكل إفتراضي أربعة أمثال الـ (HelloInterval)، لكن نستطيع تغييره من خلال الأمر التالي (ip ospf dead-interval) على مستوى Interface.

مايحتويه (Hello Packet): -

1- Router Id of originating router.
2- Area ID of originating Router Interface.
3- Address mask of the originating address interface.
4- Authentication type and authentication information for originating interface.
5- Hello interval for the originating interface.
6- Dead interval for the originating interface.
7- Router priority.
8- DR-ID & BDR –ID
9- Five flag bits signifying optional capabilities.
10- Router-IDs of originating router’s neighbors

عندما يستقبل Neighbor الـ Hello يبدأ بعملية فحص بعض القيم (Parameters) الموجودة في Hello ليختبر مطابقتها معه مثل (Area ID – Authentication – Network mask – Hello Interval – Router Dead Interval – Optional values) في حالة عدم مطابقه الحقول السابقة يتم حذف الباكيت وبالطبع لن يكون هناك أي علاقة جوار.

في حالة مطابقة الحقول السابقة فإنة يتم الإعلان أن Hello packet is valid فإن كان ID of originating router موجود ضمن neighbor table فإنة يتم تصفير Router Dead Interval timer لكن في حالة لم يكن ID of originating router فإنه يتم إضافته إلى neighbor table، في إرسال الـ Router للـ Hello يقوم بعملية إرسال RID لكل الجيران في حالة أن الراوتر الاصل استقبل Hello وكان فيه RID الخاصة به فإنه يعرف ان Two-way communication تمت.

Network Types

1- Point-to-point
وتشمل عملية الإتصال عن طريق T1،DS3أو (SONET)، وتشمل عملية الإتصال مباشرة بين (Two Routers)، ويتم الإرسال للـ (OSPF Packets) على العنوان224.0.0.5 بشكل multicast.

2- Broadcast Network
وتشمل شبكات مثل Ethernet or FDDIأو Toking Ring والتي يجب فيها عملية إنتخاب DR and BDR ويتم إرسال packets

ospfمن (DR and BDR) على العنوان 224.0.0.5 وأيضا يكون mac = 0100.5E00.0005 بينما يتم إرسال اي ospf packet
إلى DR and BDR على العنوان التالي (224.0.0.6) أما mac=0100.5E00.0006 الباكيت تشمل .... Hello ,LSU, LSAck.

3- NBMA

وتمثل شبكات X.25,ATM,Frame Relay التي تربط أكثر من Two Routers مع بعض لكن بشكل NonBroadcast أي أن
OSPF Packets التي يتم إرسالها لا يتم إستقبالها من قبل كل Routers وبالتالي لابد من إعدادات إضافية لكي تتم عملية إنتخاب DR

4- Point-to-Multipoint

هي حالة خاصة من NBMA ويتم فيها معالجة مجموعة Point-to-Point links وجميع Routers في هذا Links لا تتنخب DR أو BDR ويتم إرسال OSPF Packets للجيران بشكل unicast فقط لجيران معروفيين.

5- Virtual Links

وهي حالة خاصة من شبكات Point-to-Point ويتم إرسال ospf packets بشكل unicast.

بالإضافة إلى ماسبق ذكره فإن كل أنواع الشبكات تقع في واحدة من التالي: -

1- Transit

وهي عبارة عن شبكة بها أكثر من Router متصل ويتم حمل Packets خلال الشبكة المولده للباكيت وقد يتم إرساله إلى شبكة أخرى.

2- Stub

وهي شبكة بها Router واحد أو أكثر ويكون عنوان source or destination address يكون منتمي stub ويكون لها
mask=255.255.255.255 وتعد loopback أحد أنواع شبكات stub.

BDR & DR

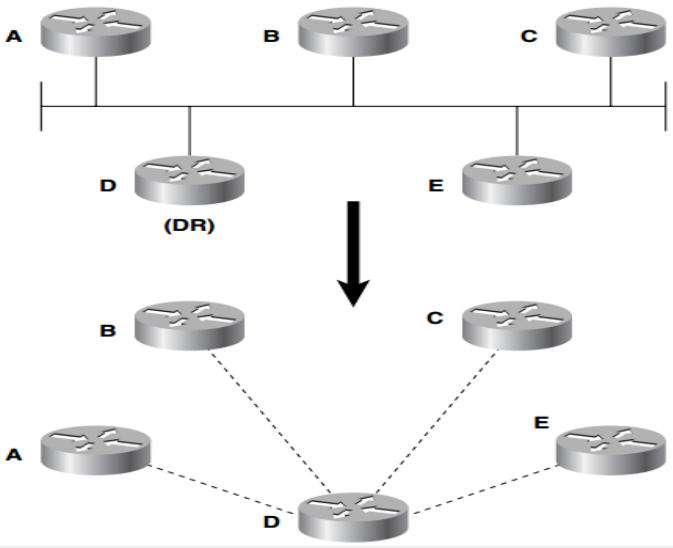
ما الذي يحدث في حالة عدم وجود DR: -

1- يتعين علي كل راوتر إرسال اي OSPF packets لكل راوتر في Area بعدد مرات يساوي N-1 حيث n هو عدد routers.
2- سيصل لكل راوتر نسخ مكرره بشكل كبير جداً.

الحل للمشكلة في الاختراع DR & BDR.

لكن هل هناك اسباب أخر لوجود DR: -

1- يعتبر ممثل للشبكة في multi-access والراوترات المتصلة في Area.
2- لكي يقوم بعملية التحكم في Flooding داخل multi-access network.



وبالتالي فإن المتحكم في عملية الإرسال هو DR أي كل الراوترت في multi-access تقوم بعملية الإرسال فقط لـ DR و BDR ثم يقوم DR بعملية إرسال LSA إلى كل الراوترات في multi-access، لكن في حالة انه خرج DR خارج الخدمة فإن الأمر ينتقل بشكل تلقائي إلى BDR الذي يصيح DR وحتي لو عاد BDR إلى الخدمة فأنة لن يكون DR الإ إذا تم تصفير عملية OSPF Process أو إعاده تشغيل جميع الراوترات.

بعض النقاط الهمة التي يجب معرفتها قبل الدخول إلى الإنتخابات.

1- كل multi-access interface في كل راوتر لدية Priority التي تعتبر قيمة تتراوح من 0 إلى 255 يتم إختيار أي Interface لدية أكبر قيمة في multi-access فإن كانت القيمة 0 فإن الراوتر يكون خارج السباق الإنتخابي تماماً، القيمة الإفتراضية لكل الراوترات هي 1 نستطيع تغيير القيمة من خلال الأمر التالي(ip ospf priority).
2- يتم إرسال Priority مع كل Hello يتم إرسالها بين الجيران من قبل كل راوترمع IP address لكل Interfaces المتصلة بالراوتر ومن يعتقد أنه DR او BDR.
3- عندما يتم تفعيل الراوتر فإنه يضع حقول (DR & BDR)=0.0.0.0 ثم يضع (wait timer) مساوي لـ (DeadInterval).
4- تتم تسجيل عناوين لـ (DR & BDR) في مايسمى (Interface data structure).

السؤال كيف يتم إختيار DR و BDR؟

الجواب: -

1- بعد الوصول إلى مرحلة تسمى (two-way) يقوم كل راوتر بعملية إختبار (priority) التي وصلت له في (Hello packet) ليرى هل يصلح أن يكون (DR or BDR) هذ بشرط ان يكون (priority >0)، في هذه المرحلة يعلن كل راوتر عن نفسه أنه (DR) ويضع عنوان (Interface) في حقل (DR) في (hello packet)، وبنفس الكيفية تتم في (BDR).
2- كل راوتر يضع قائمة بكل الراوترت المحتملة التي تتحقق فيها شرط (priority >0)، ثم ينشئ مجموعة جزئية بكل الراوترات التي لاتصلح ان تكون DR وذلك لأن اي راوتر يعلن عن نفسه أنه DR لن يحق له الدخول في مرحلة إنتخابات BDR.
3- من القائمة الجزئية تتم عملية إختيار BDR بناء على أكبر (Priority)، في حالة التساوي تتم النظر إلى RID.
4- طبعا في حالة أن أكثر من راوتر أعتقد أنه DR وتساوت الـ Priority فيما بينهم فيتم النظر إلى أعلى RID.
5- في حاله لم يتم الإعلان عن أي راوتر على أنه DR، فإن BDR المختار يكون هو DR.
6- في حالة عدم الإعلان عن DR وكذلك BDR يتم إعادة الخطوات من 2 إلى 5.

بعد إكتمال إختيار DRوكذلك BDR بقية الراوترات داخل multi-access تسمى بـ (Dother)، في حالة كان المرشح لمنصب DR واحد ولايوجد أي مرشح لمنصب BDR فإنة في هذه الحالة لايكون هناك BDR وهذا يحدث مع NBMA، بينما في حالة عدم وجود أي مرشح لمنصب DR وكذلك BDR فإنه في هذه الحالة يبقى الراوتر في حالة (Two-way).

OSPF Interfaces

قبل إقامة أي علاقة جوار من راوتر في نفس Multi-access فإنة يتعين على الراوتر معرفة Link اي نوعه وكذلك حالته (Link state).

هذا يقودنا إلىInterface Data Structure

تعتبر من أهم المكونات حيث يحتفظ الراوتر بـ (data structure) لكل Interface تم تفعيل الـ OSPF عليه، من خلال الأمر (show ip ospf interface serial 0/1)، نلاحظ أن أهم المكونات الناتجة عن استخدام الأمر هي: -

1- Address & mask
2- Area ID

3- Process ID
4- Router ID
5- Network Type
6- Cost

وهو الـ Metric التي تستخدم لتحديد كم cost للـ interface الخارج وتستخدم لذلك العرض الصيغة (10^8/BW).

يتم حساب ذلك على كل BW ففي حالة كان BW=100Mbps فإن الـ cost =1 طبقا للصيغة، لكن في حالة زاد BW عن هذا الرقم مثلا BW=1000Mbps فإن cost لايتغير ويظل يساوي 1.

إلا في حالة تم إستخدام الأمر التالي (auto-cost reference bandwidth)، فيتم إستخدام الصيغة للحساب وقد تكون أقل من 1.

7- Inf TransDelay

وتمثل بالثواني وهي كم تمكث LSA في Interface قبل إرسالها والقيمة الإفتراضية لها هي 1 ثم تزيد في حالة التأخير ونستطيع تغييرها عن طريق الأمر (ip ospf transmit-Delay).

8- State
9- Router Priority
10- DR

لن يظهر إلا في حالة Ethernetأو NBMA على سبيل المثال.

11- BDR
12- Hello interval
13- Router Dead Interval
14- Wait Timer

وهو الوقت الذي سوف يتنظره الراوتر قبل الإعلان DR,BDR في رسائل hello أي قبل الشروع في الإنتخابات.

15- Rxm Interval

وهو الوقت الذي يجب إنتظاره حتى يتم عملية إرسال Packet في حالة عدم وصول تأكيد ونستطيع تغييره من خلال الأمر (ip ospf retransmit-interval)

16- Hello Timer
17- Neighboring Routers

ويشمل جميع الجيران الذي على علاقة بهم وعلاقة مستمرة أي داخل الخدمة الآن وهم داخل الشبكة فقط.

18- AuType

ويصف نوع (Authentication) المستخدم في الشبكة والذي يأتي على ثلاثة أصناف:

- Null (no authentication)
- Simple password
- Cryptographic (Message Digest)

19- Authentication Key

وهو عبارة عن 64 bit في حالة كان simple authentication أو cryptographic.

Interface State Machine

وهي تمثل حالة link قبل أن يكون في حالة Full Functional:

1- Down

وهي حالة إبتدائية لايوجد أي بروتوكول يعمل ولا أي traffic على link.

2- Point-to-point

ويعمل في حالة :

- Point-to-point network
- Point-to-multipoint network
- Virtual link network

وفي هذه الحالة يكون في حالة عمل بشكل كامل ويبدا في عملية إرسال hello ثم يبدا في المحاولة لتأسيس علاقة الجوار مع الطرف الثاني.

3- Waiting

ويطبق على شبكات تختار DR,BDR.

4- DR

يكون هو DR

5- BDR

أي هو BDR

6- DRother

أي لا DR ولا BDR

7- Loopback

يرسل LSA ولا يكون Transit

OSPF Neighbor

الغاية من عملية Election هي تكوين جيران لتبادل LSA وبالتالي فإنة عملية الإختيار تمر عبر التالي:

1- Neighbor Discovery
2- Bidirectional communication

وتتم فيه عملية تبادل Hello بين الجيران.

3- DataBase Synchronization
   - DBD
   - Link state request
   - LS update
   - LS ACK

وسبب هذه العملية تتم فيها تحديد من Master ومن Slave وحيث أن Master يتحكم في تبادل DBD

4- Full adjacency

لكن كيف بأي طريقة تتم عملية الإرسال:

1- Unicast وتتم فيها إرسال hello في جميع أنواع Network في كل مرة عندما يصل Hello Interval=0، ويكون في الشبكات التالية:
   - Point-to-multipoint
   - NBMA
   - Virtual Link

2- Multicast
- Broadcast
- Point-point

Neighbor Data Structure

يقوم Router Interface بعملية بناء Hello بناء على المعلومات التي وحدها في (Interface Data Structure) ثم يقوم بعملية إرسال هذه المعلومات إلى جاره ليخبره عن نفسة يقوم بعدها الجار بعملية جمع المعلومات الواصلة من جميع الجيران لبينى مايسمى بـ neighbor data structure والمتكون من :

1- Neighbor ID وهو ID للجار
2- Neighbor IP address وهو عبارة عن IP للـ interface للجار المتصل به، في حالة كان الأرسال بطريقة unicast فهذا العنوان سيكون هو destination
3- Area ID ولكي يصبح الراوتران جاران يجب تطابق هذه القيمة
4- Interface وهو عبارة عن interface المتصل بالشبكة مع الجار
5- Neighbor Priority وهي قيمة router priority للجار كما وصلت في hello packet ويتم إستخدامها في الإنتخابات.
6- State وهي عبارة عن حالة الجار وتكون إحدى الحالات الموضحة مسبقا في Neighbor state Machine
7- DR
8- BDR
9- Poll Interval وهي القيمة المسجلة فقط للجيران في شبكات NBMA بسبب أن الجيران ربما لن يتم إكتشافهم بشكل أوتوماتيكي في هذا النوع من الشبكات، وفي حالة كانت حالة الجار Down فإن hello سوف ترسل للجار كل PollInterval وربما تكون أكثر من Hello Interval.
10- Neighbor Options
11- Inactivity Timer وهو الزمن الذي يساوي Router DeadInterval ويتم تصفيره كلما تم إستقبال Hello من الجار.

توجد بعض القيم في (neighbor data structure) لا تظهر في show ip ospf neighbor :

1- Master/slave هذه العلاقة تأتي بعد التفاوض بين الجيران في حاله (ExStart stat,establishes) والتي تتيح للجار Master أن يكون له التحكم بـ database synchronization
2- DD Sequence Number وهذه القيمة من باكيت DD الذي تم إرساله حالا للجار.
3- Last Received Database Description Packet وهذه القيمة من ضمن بعض القيم التي تحدد ما إذا next DD تم تكرارها.
4- Link State Retransmission List وهذه المكونات هي قائمة LSA التي إرسالها إلى الجيران لكن لم يصل بعد تأكيدها إلى الآن، وطبعا سوف تعاد إرسالها كل RxmtInterval حتي يتم تأكيد LSA أو تتم إلغاء adjacency.
5- Database Summary List وهي عباره عن قائمة بـ LSA المرسله للجار في DBD خلال عملية DB synchronization.
6- Link State Request List وهي قائمة تحتوي LSA يتم تسجيلها من قاعدة بيانات المستقبله من الجار وتكون بها LSA ليس موجودة لدى router.

Neighbor State Machine

1- Down تعني لاتوجد أي Hello ترسل بين الجيران ولكن في حالة NBMA يتم إرسال Hello كل PollInterval. في حالة أنتقل الراوتر إلى حالة Down من حالة أعلى منه أي من Full مثلا فإنة يتم تصفير التالي:
   - LS Retransmission list
   - DB summary list
   - LS Request List
2- Attempt وتتم في حالة NBMA عندما يتم استخدام أمر neighbor لتكوين حالة جوار بشكل يدوي.
3- Init تعني أنه تمت عملية إرسال Hello وتمت ولكن لم يتم الرد .
4- 2Way تشير إلى وصول Hello من الجار وبالتالي سوف تبداء عملية election.
5- Exstart وفيها يتم إختيار Master/Slave لتحديدDD sequence number للتهيئة لتبادل DBD والجار الذي يملك RID أعلى سوف يكون هو Master.

6- Exchange وفيها تتم عملية تبادل DBD ويتم تسجيل LSRequest.
7- Loading وفيها تتم عملية إرسال LSR إلى الجيران التي تمت تجميعها في Exchange.
8- Full وهي عملية Full وتعني ظهور الجار في Router LSA وكذلك في Network LSA.

Building an Adjacency

الجيران في شبكات (point-to-point, point-to-multipoint and virtual link) دائما تكون بينهم علاقة جوار بدون تطابق بارامترات الـ hello المرسلة بينهم، بينما في شبكات(broadcast and NBMA) فإن DR و BDR تصبح بينهم علاقة جوار مع كل الجيران أو مع كل الراوترات لكن لن يكون هناك علاقة جوار بين DRothers.

تتم عملية بناء علاقات الجوار باستخدام ثلاثة أنواع من (OSPF packets):-

1- DBD packets (type 2) ويعتبر له أهمية خاصة في عملية بناء علاقات الجوار فهو يحمل وصف تلخيص لكل LSA في originating router's link-state database. طبعا ليس وصفا تفصيلا لكامل LSA بل عباره عن headers بالإضافة إلى معلومات كافية عن ما إذا كانت LSA هي أخر نسخة أولا، ويوجد ثلاثة بتات تدل على ذلك وهي :
   - I-bit أو أول بت الذي يدل على هذا هو أول DD packet يرسل.
   - M-bit أو More bit يدل على انه لازال هناك DD packet سوف يتم إرساله.
   - MS-bit أو Master/Slave والذي يدل على ان DD packet قادم من Master. وطبعا سوف يكون بناء على router ID.
2- LSR packet (type 3) وهي عباره عن طلب يرسل لأعطاء مزيد من التفاصيل عن LSA معينة.
3- LSU packet (type 4) وهي عبارة عن إستجابة للطلب المرسل سابقا، ويتم إرسال ACK بشكل منفصل لكل LSU، ويكون بأحد شكلين:
   - Explicit Acknowledgment والذي هو عباره عن LS ACK يحتوى على LSA header للباكيت المستقبل.
   - Implicit Acknowledgment والذي هو عبارة عن Update packet يحتوي على نفس LSA.

وجود Master هو بعرض التحكم والمزامنه لكي نضمن إستقبال فقط DD packet واحدة في نفس الوقت بدون تكرار، فعندما يستقبل slave الـ DD packet من الـ Master فإن الـ Slave يرسل DD packet بنفس sequence number كتأكيد أو ACK. ففي حالة ان Master لم يستقبل هذا التأكيد في عضون الفترة المحددة بـ RxmtInerval فإنة سوف يعيد إرسال نسخة من الـ packet.

في حالة أن salve استقبل DD packet بـ sequence number جديد فسوف يأكده بنفس الرقم.

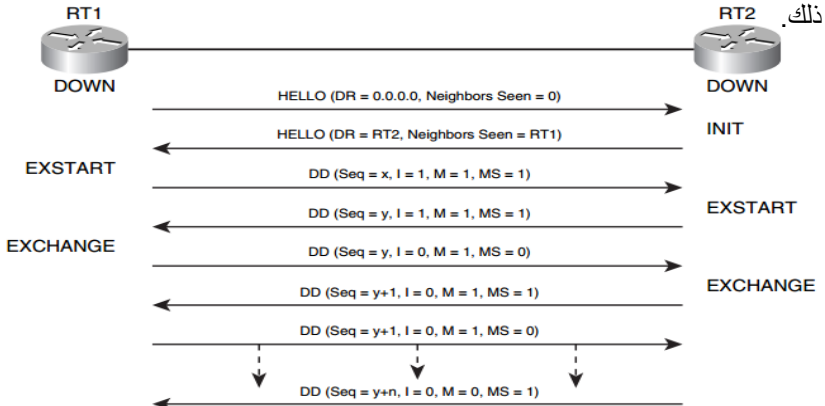
بعد عملية إكتمال database synchronization يتم الانتقال إلى واحدة من إثنين:

1- في حالة بقى هناك بعض entries في LSR فإن الراوتر ينتقل إلى حالة Loading.
2- في حالة كانت LSR فارغة فإن الراوتر ينتقل إلى حالة Full.

متي يعرف Master and Slave ان عملية المزامنة قد انتهت وأنه أصبح لدي جميع الراوترات كل المعلومات بشكل تام وكامل؟

بالنسبة للـ Master يعرف عندما يرسل كل DD packets لكامل LSDB لديه و يستقبل DD packet ويكون فيه M-bit=0.

اما الـ Slave يعرف عندما يستقبل DD packet يكون فيه M-bit=0 ويرسل Ack DD packet ايضا يكون فيه M-bit=0 بسبب ان Slave يجب ان يرسل ACK عن كل DD packet استقبله مسبقا، والشكل التالي يبين ذلك.



ونستطيع من خلال الأمر :

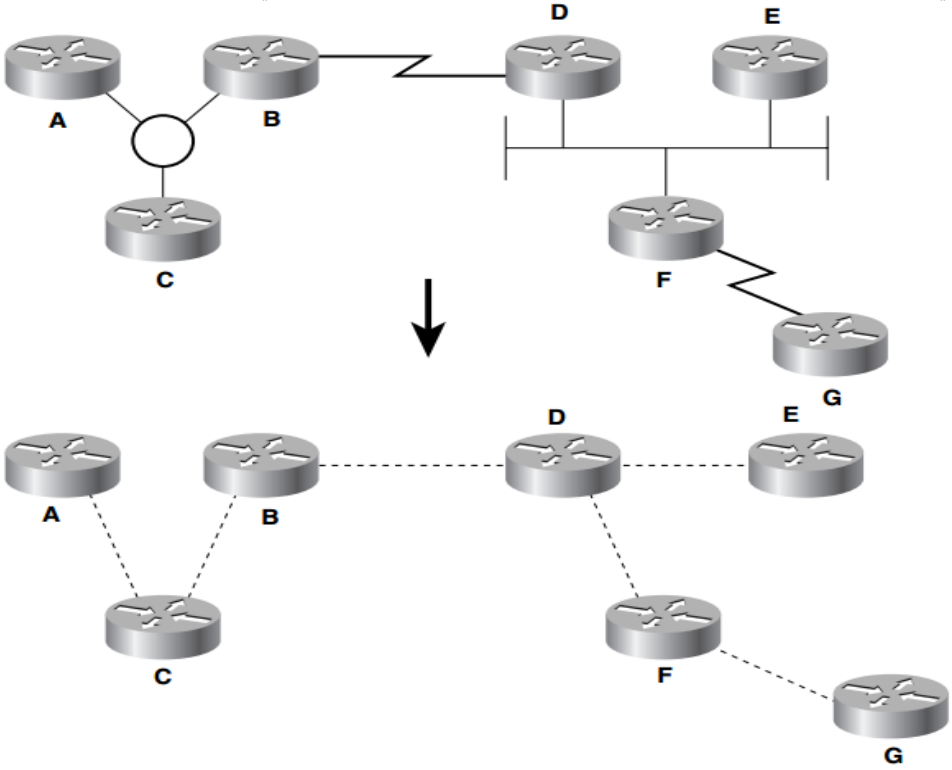
Debug ip osfp adj

متابعة حالات الإنتقال بين الحالات.

إعداد م/ محمد شايع

Flooding

الـ OSPF topology هي عبارة عن مجموعة من routers او nodes مرتبطة ليس بشكل فيزيائي بشكل logical والشكل التالي يوضح ذلك:

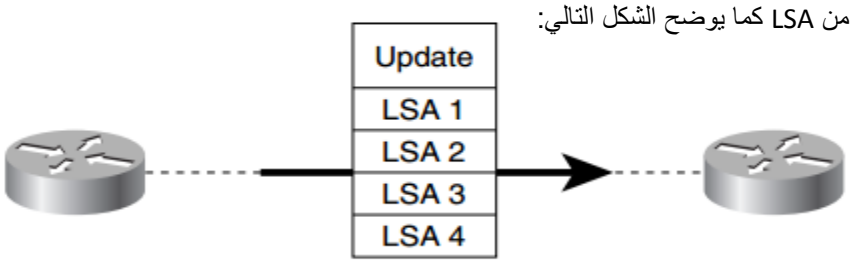


وبالتالي يكون لدي كل راوتر معرفة كامل عن interface ولذلك يصنف ospf من ضمن بروتوكولات link-state. ولذلك فكل راوتر يكون لديه نفس topology database التي لدي جيرانة الذي على علاقة جوار معهم.

عملية Flooding تستخدم واحد من الانواع التالي للـ OSPF packet types:

1- LSU packets (type 4)
2- LS Ack packets (type 5)

وقد تحمل LSU او LS Ack اكثر من LSA كما يوضح الشكل التالي:

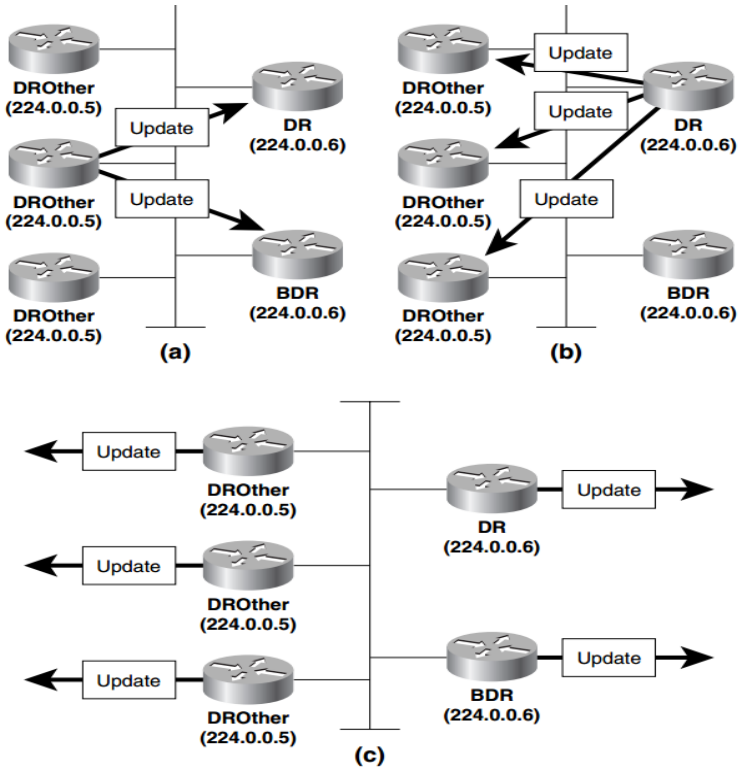


في شبكات الـ (point-to-point) فإن الـ updates الذي سوف يرسل سيكون بشكل multicast address على العنوان التالي (224.0.0.5).

أما في شبكات الـ (point-to-multipoint) وكذلك في شبكات (Virtual Link) فإن الـ updates سوف يرسل بشكل unicast لكل interface.

في شبكات broadcast فإن DRothers يكون لديه علاقة جوار مع DR , BDR وسوف يتم إرسال لكل DRouters على العنوان التالي (224.0.0.6).

في الشكل التالي يبين عملية الأرسال في شبكات broadcast.



Reliable Flooding: Sequencing, Checksums, and Aging

كل LSA تحتوي على ثلاثة قيم تستخدم لتضمن أن Database تحتوى على أحدث نسخة من LSA، هذه القيم هي (Sequence number, checksum, and age). OSPF يحتوي على 32-bit عبارة عن رقم تسلسلي يبدى من (0x80000001) إلى (0x7fffffff). فعندما يولد الراوتر LSA فإن يضع قيمة الرقم التسلسلى إلى (InitialSequenceNumber) وكل ما الراوتر يولد LSA جديدة فإنة يزيد قيمة sequence number بقيمة 1.

في حالة كانت القيمة التسلسلية تساوي (MaxSequenceNumber) لـ LSA، فإنة في هذه الحالة يتم عمل Flush لـ Old LSA من كل database.
ثم يتم بعد ذلك عمل reflooding لكل الجيران، ويكون Age احدث، أما checksum فإنة يكون 16-bit رقم صحيح يستخدم خوارمية Fletcher ويتم حسابه على كل LSA ماعدا حقل Age والذي يتغير كلما تمر LSA من node to node.ويتم عمل checksum للـ LSA في كل five minutes التي تقع في link-state database لضمان عدم حصول أي تغيير في محتوى database.

بالنسبة للـ Age فإنة عبارة عن 16-bit عدد صحيح يشير إلى عمر LSA بالثواني، ويتراوح الرقم من 0 إلى 3600 أي ساعة واحدة والذي يعبر عنه (MaxAge)، فعندما يولد LSA فإن الراوتر يضع age=0 ويقوم بعملية Flooded LSA بعد ذلك يزداد الـ Age بعدد من الثواني محددة بـ InfTransDelay، والذي يكون هناك وقت بشكل إفتراضي يساوي InfTransDelay=1second، ونستطيع تغييره من خلال الأمر (ip ospf transmit-delay).

ونستطيع أستعراض كل البارامترات الثلاثة من خلال الأمر التالي (show ip ospf database)

السؤال كيف يتم تحديد احدث LSA عندما نستقبل أكثر من LSA في نفس الوقت:

1- تتم مقارنة sequence numbers وفي حالة LSA الذي يملك الأعلى يكون هو الأحدث.
2- في حالة كان sequence numbers متساوي فإنة تتم مقارنة checksums، فإي LSA كان لديها القيمة الأعلى تكون هي الأحدث.
3- في حالة تساوي checksums تتم مقارنة Age في حالة وجود فقط LSA واحدة لديها age-3600 seconds فإنها تعتبر الأحدث.
4- في حالة كان ages للـ LSAs يختلف بمقدار اكثر من 15 minutes والذي يعرف بـ MaxAgeDiff، فإن LSA التي لديها الأقل age هي الأحدث.
5- في حالة عدم تطابق أي من الشروط السابقة فإن كلا LSA تعتبر متطابقة.

Areas

قد تتساءل لماذا ospf من أكثر البروتوكولات تعقيدا ويستهلك جزء كبير من الذاكرة وكذلك من طاقة CPU للراوتر.

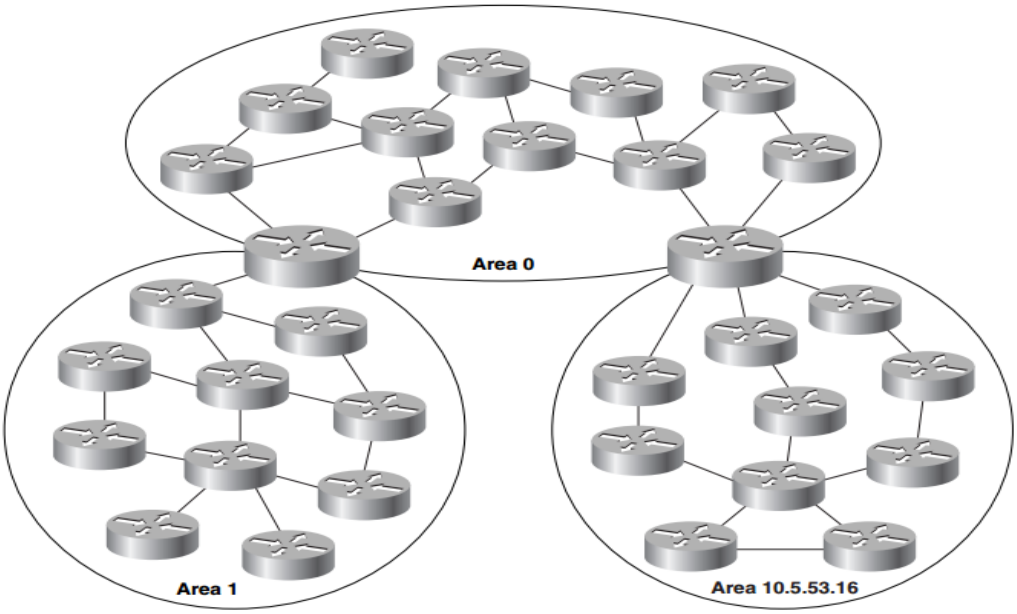
السبب في عملية Flooding التي تحدث بين الراوترات.

ولذلك يعمل OSPF على تخفيض هذه النسبة من خلال تقسيم ospf domain إلى عدة sub-domain والذي يطلق عليه مصطلح area، والذي يشكل تجميع بشكل منطقي لمجموعة من الراوترات إلى مجموعات.

وتكون الراوترت المجموعة في area ليس لديها معرفة تفصيلية بـ topology الخارجية بسبب التالي:

1- الراوتر يجب أن يتشارك في link-state database مع الراوترات التي في نفس area فقط وليس مع كل ospf domain، والذي ينتج عنه تخفيض في حجم database وتأثيرها على memory.
2- كلما كان حجم area صغير كان حجم link-state database أصغر وهذا أيضا يؤدي إنخفاض إستهلاك في CPU.
3- بسبب أن link-state database يجب أن تحتفظ داخل area فقط فإن عملية flooding لاتتجاوز area.

ويتكون اسم area من رقم عبارة عن 32-bits يسمى بـ area ID وقد يكون بالعشري أو على شكل dotted decimal numbers



فمثلا يمكن التعبير عن area 0 بـ (0.0.0.0)، اما area 16 فيعبر عنها بـ (0.0.0.16)

ويوجد ثلاثة أنواع من traffic المرتبط بـ areas:

1- Intra-area وهو عبارة عن traffic يمر من خلال area واحدة فقط.
2- Inter-area وهو عبارة عن traffic يمر بين عدة areas في نفسOSPF domain .
3- External وهو عبارةعن traffic يمر بين OSPF domain وبين بروتوكولات أخري في domains أخرى.

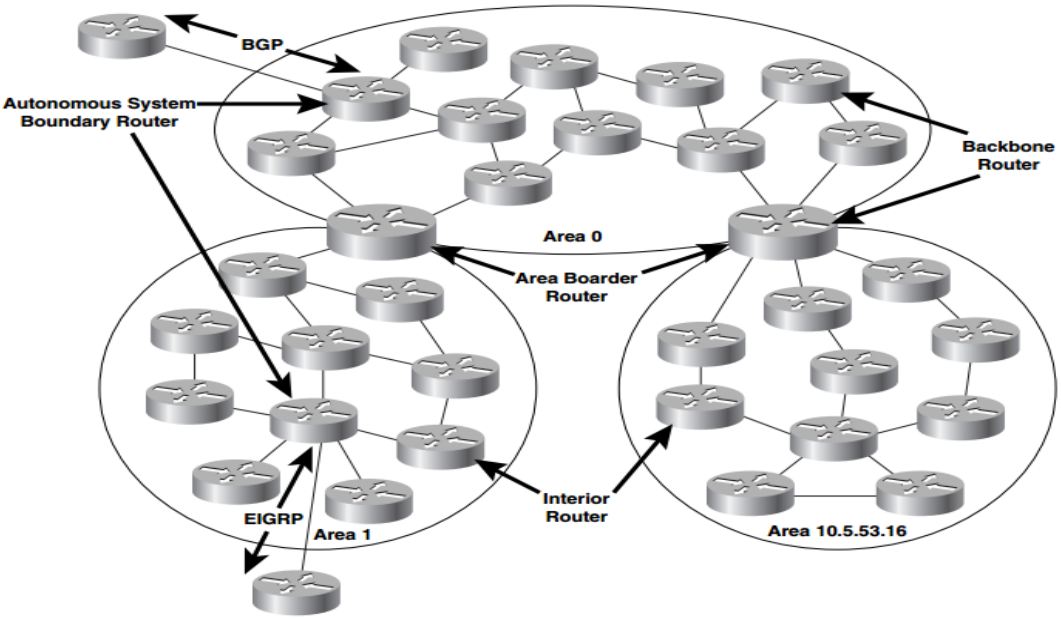
هذا ودائما تحمل area 0 أو area 0.0.0.0 او ماتسمى بـ backbone area جميع traffic الذي يمر بين جميع areas. أي أن كل traffic يجب ان يمر على backbone area قبل أن يتنقل إلى أي area أخرى.

هذا ومعظم مصممي شبكات ospf بفضل ان يكون هناك كحد أقصى 30 إلى 200 راوتر في كل area

Router Types

تصنف الراوترات داخل OSPF للتالي:

1- Internal Routers وهي أنه جميع الـ interfaces تنتمى إلى فقط نفس area، وبالتالي يكون لديها فقط link-state database واحدة فقط.
2- Area Border Router أو ABR والتي يصل area واحدة أو أكثر بـ backbone وتمثل بـ gateway لـ inter-area traffic.
ABR دائما يكون لديه على الأقل interface واحد متصل بـ backbone وبالتالي يكون لدية أكثر من link-state database ويجب أن يكون بمواصفات عالية مثل CPU and Memory. ويعمل ABR على تلخيص جميع المعلومات من كل areas المتصل بها ويرسل إلى backbone.
3- Backbone Routers وهي راوترات على الأقل يوجد لديها interface واحد متصل بـ backbone ولكن ليس كل backbone هي ABR.
4- Autonomous System Boundary Routers (ASBRs) والذي يعتبر gateways لـ external traffic والذي يصل routes إلى OSPF domain والذي يحصل علىها من خلال (redistributed) من بعض البروتوكولات الأخرى مثل EIGRP and BGP ويمكن أن يكون في أي Area ماعدا stub areas.



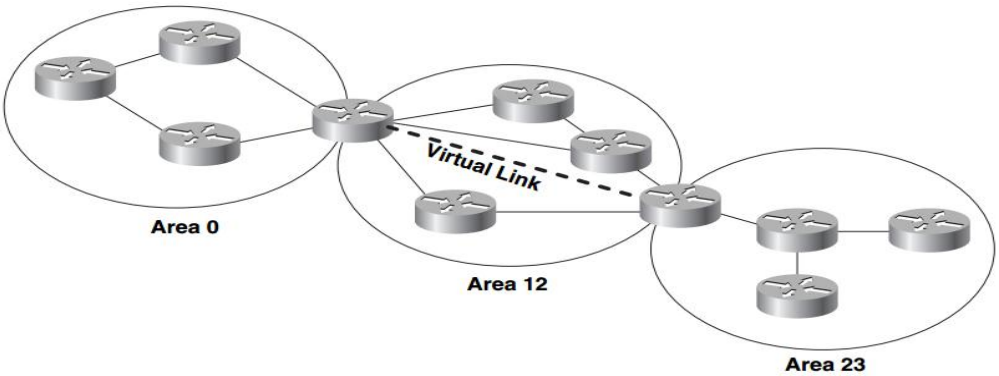
Partitioned Areas

وهيarea في حالة link failure في جزء من area يعمل على عزلها عن بقية area أي وجود أكثر من راوتر في متصل بـ backbone area.

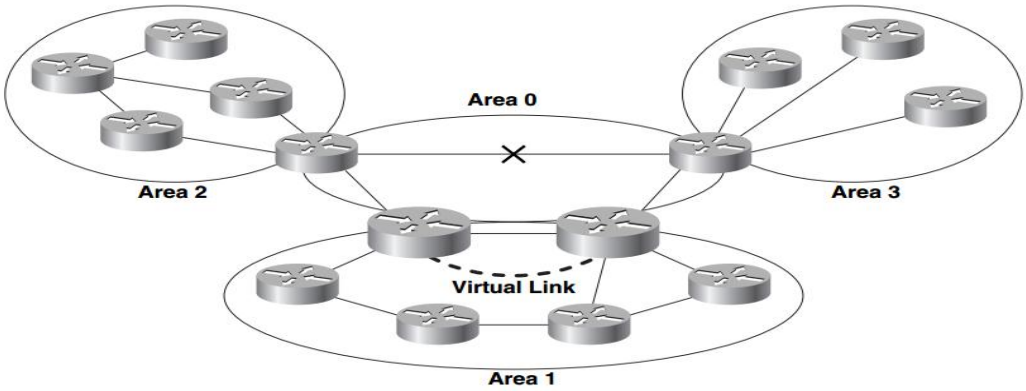
Virtual Link

وهو عبارة عن link يصل مابين backbone area and nonbackbone area ويستخدم للأعراض التالية:

1- لربط backbone area معnonbackbone area والشكل التالي يبين ذلك.



2- يستخدم لربط قسمين او two partitioned backbone من خلال nonbackbone. والشكل التالي يبين ذلك.



وبالتالي يقوم virtual link في كلا الحالتين السابقتين كـ tunnel والذي يتم توجيه packets من خلاله إلى area أخرى.

وفيما يلي عدة قواعد يجب إتباعها عندما نقوم بعملية إعداد virtual links:

1- يجب أن يكون vitual link بين two ABRs.
2- تكون الـArea الذي يمر من خلالها virtual link هي transit area يجب أن يكون لديها full routing information.
3- Transit area يجب أن لاتكون stub area.

Link-State Database

كل LSA المستقبلة بواسطة router يتم تخزينها في link-state database ويمثل هذا area topology ونستطيع إستعراضها من خلال الامر show ip ospf database والذي يعرض LSA Header

كما نستطيع نستطيع إستعراض عدد routers الموجودة وعدد LSA وغيرها من المعلومات من خلال الأمر التالي
show ip ospf database database-summary

وطبعا نحن نعرف من خلال السابق أن عمر LSA يكون كحد أقصى one hour ولكي نتفادي الوصول إلى هذا الرقم يجب أن يكون هناك آليه كل 30 minutes والذي يعرف بـ LSRefreshTime أي يتم عمل تحديث للـ LSAكل 30 دقيقة.

LSA Types

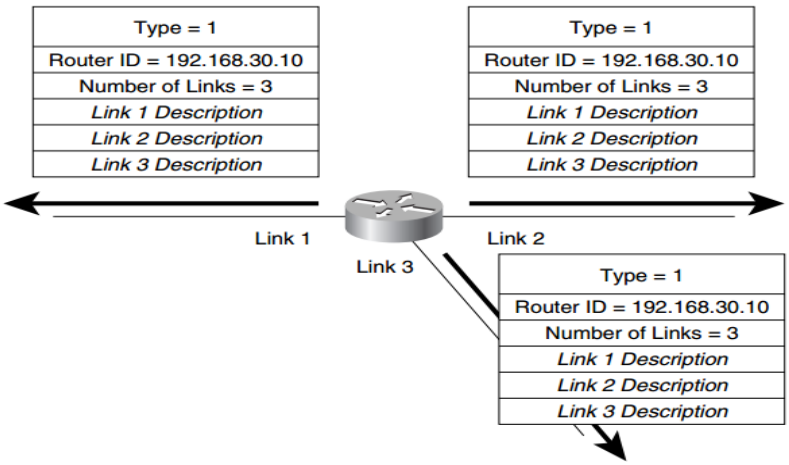
بسبب وجود عدة أنواع من router وكذلك عدة areas فإنة يجب ان يكون عدة LSA والجدوالتالي يلخص ذلك

Type Code	Description
1	Router LSA
2	Network LSA
3	Network Summary LSA
4	ASBR Summary LSA
5	AS External LSA
6	Group Membership LSA
7	NSSA External LSA
8	External Attributes LSA
9	Opaque LSA (link-local scope)
10	Opaque LSA (area-local scope)
11	Opaque LSA (AS scope)

1- Router LSA تتم إنتاجها بواسطة كل routers ولكن تكون في حدود area اي لا تخرج خارج area وتصف قائمة بكل links في الرواتر وكذلك interfaces وكذلك state and outgoing cost of each link وكذلك الجيران في Link، ونستطيع استخدام الامر التالي لمعاينتها show ip ospf database router.او نستطيع إستخدام امر معين لراوتر معين على سبيل المثال

Show ip ospf database router 192.168.30.10

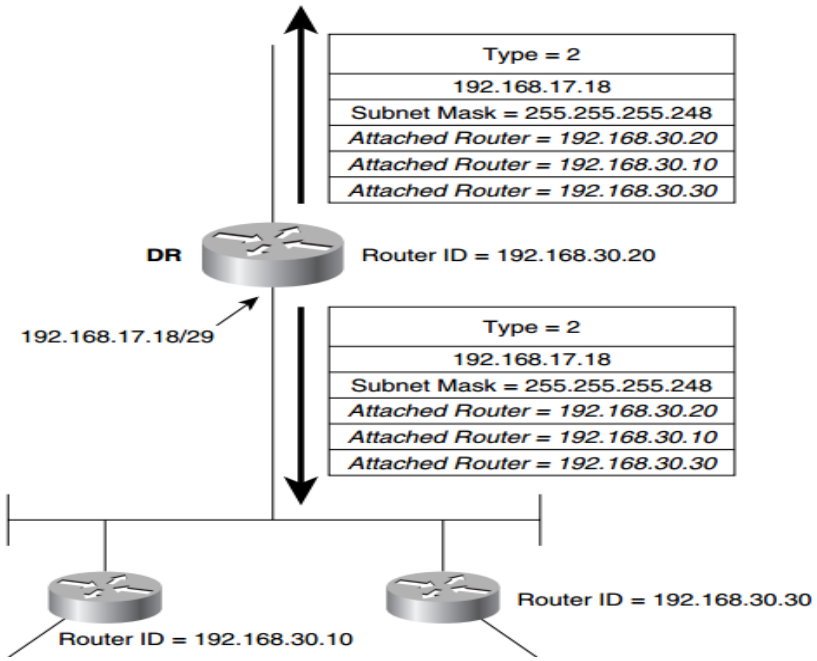
The Router LSA describes all of a router's interfaces.



2- Network LSAs يتم إنتاجها بواسطة DR في كل Multi-access network ويكون به قائمة بكل الراوترات المتصلة بما فيها DR ويتم فقط عمل Flood فقط داخل area ونستطيع من خلال الأمر show ip ospf database network

Show ip ospf database 192.168.17.18

A DR originates a Network LSA to represent a multi-access network and all attached routers.

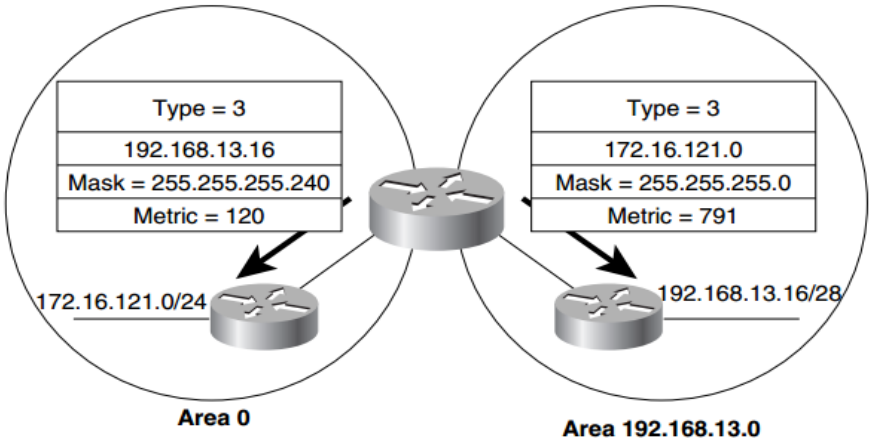


3- Network Summary LSA ويتم إنتاجها بواسطة ABR وترسل إلى area وتحتوي على destinations للـ ABR التي يعرفها.
ونستطيع استخدام الأمر show ip ospf database summary

Show ip ospf database-summary 172.16.121.0

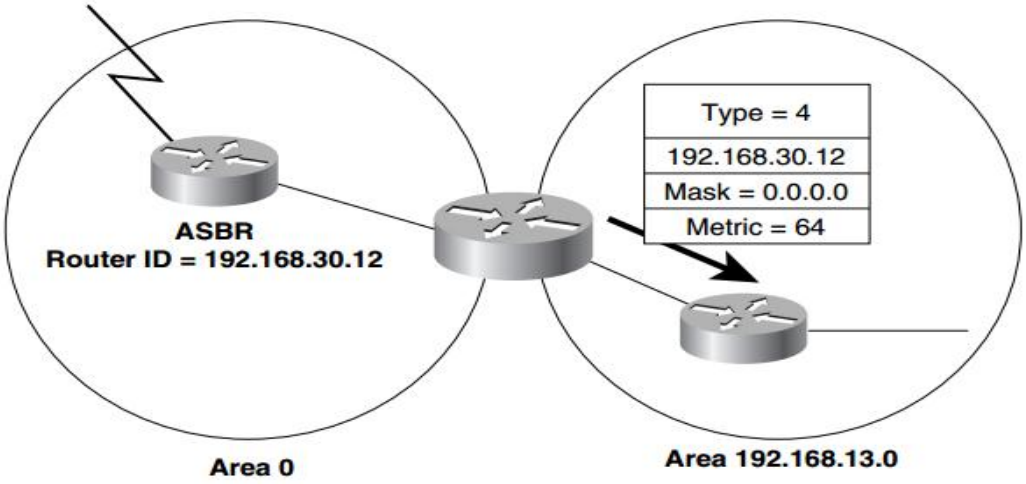
عندما يولد ABR الـ Network Summary LSA والمتضمن Cost منه الى destination

An ABR will originate a Network Summary LSA to describe inter-area destinations.



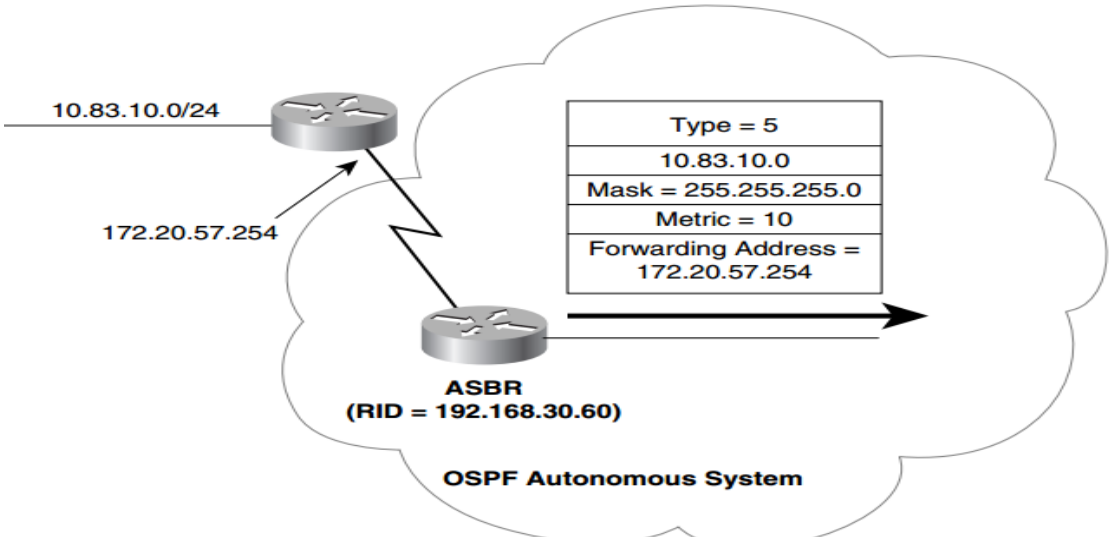
4- ASBR summary LSA والذي يولد بواسطة ABR ويكون مطابق لـ Network Summary LSA فيما عدا أن destination تعلن بواسطة ASBR ونستطيع من خلال الأمر التالي show ip ospf database asbr-summary والذي يستخدم لعرض ASBR Summary LSA

ASBR Summary LSAs advertise routes to ASBRs.



5- Autonomous System External LSAs or External LSAs والذي يتم توليده بواسطة ASBRs والذي يعلن عن destination external إلى ospf AS او default route external to OSPF AS من خلال الأمر show ip ospf database external نستطيع إستعراض ذلك.

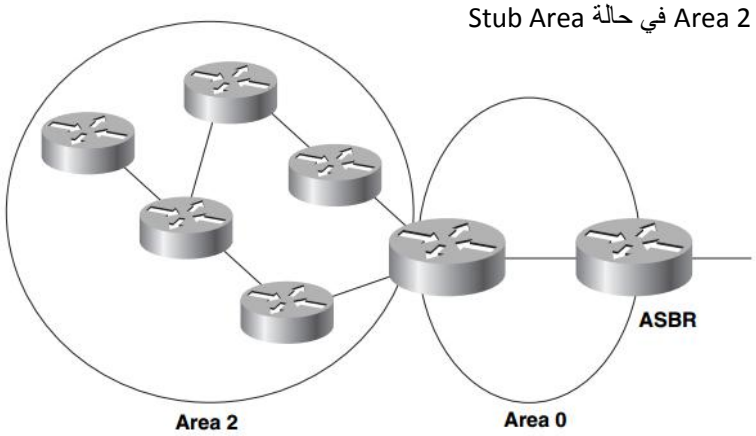
AS External LSAs advertise destinations external to the OSPF autonomous system.



6- Group Membership LSA والذي يستخدم على أنه MOSPF ويعرف على أن multicast OSPF والذي يكون من single source إلى عدة destinations والذي يكون أحد عناوين class D.
7- NSSA External LSA والذي يولد بواسطة ASBRs داخل not-so-stubby areas (NSSAs) ويكون داخل الـ area التي انتجتها.
Show ip ospf database nssa-external
8- External attributes LSA وهو بديل لـ iBGP الذي يستخدم لتمرير BGP information عبر OSPF domain.
9- Opaque LSA تتكون من LSA header متبوعه معلومات لتطبيقات خاصة وتستخدم في شبكات MPLS.

Stub Areas

في الشكل أدناه نرى أنه يوجد لدينا ASBR يعمل Flooding لكل LSA الخارجية إلى داخل OSPF AS وهذا يسبب في حمل كبير على بعض راوترات الـ Area فمثلا Area2 في حالة أدات الإرسال إلى شبكة خارج area فلابد من إرسال packet إلى ABR وبالتالي فلايحتاج جميع من area لمعرفة كل external LSA وبالتالي فالحل هو جعل Area 2 في حالة Stub Area



Stub area هي area لاتصلها External LSA، وفي حالة type 5 LSAs تكون غير معروفة داخل area لانه لاتصلها external LSA فإن type 4 LSA غير ضروري لهذا Area، ويتم تكون blocked.

ABR الموجود في حافة area يستخدم Network Summary (type 3) LSA لكي يعلن عن default route (destination 0.0.0.0) إلى stub area.
عملية وضع area في حالة stub يؤدي إلى استخدام أقل لموارد CPU وايضا في حجم المكان المحجوز من الذاكرة لـ database، ولكن يوجد بعض النقاط التي تقيد وضع area في حالة stub:

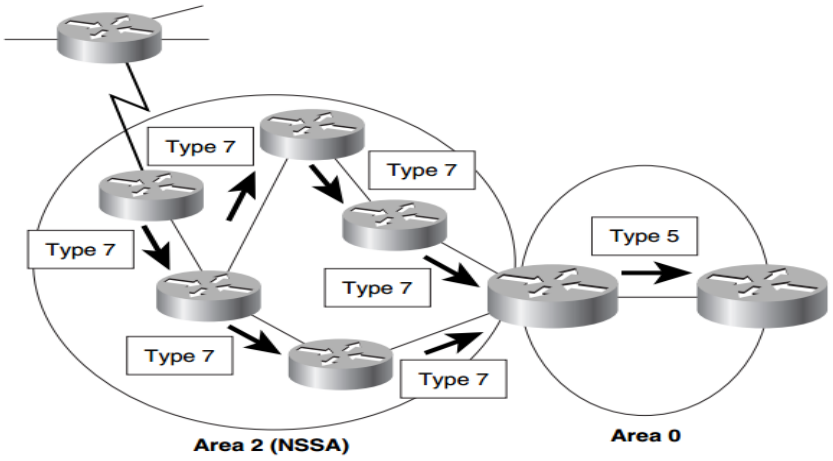
1- جميع routers داخل stub area يجب أن تكون لديهم database واحدة ولذلك فإنة سوف تتم قطع أي علاقة جوار مع أي راوتر داخل stub لايكون في حالة stub .
2- Transit area لايمكن أن تكون stub area.
3- ASBR لايمكن أن يكون stub لأنة يولد type 5 LSAs وهذه لاتكون داخل stub area.
4- في حالة وجود two ABR في stub area فإنة لن تستطيع Internal routers داخل stub area ان تحدد default route.

Totally Stubby Areas

وهي عملية block ليس فقط external LSA بل لأي LSA من area أخرى، أي بمعنى أخر عمل Block لـ type 3 LSA اي لكل Summary LSAs وبالتالي يكون هناك فقط default route يصل area مع العالم الخارجي من خلال ABR.

Not-So-Stubby Areas

في حالة كان ASBR في Stub area فهذا لن ينفع طبعا كما عرفنا مسبقا لكن من الممكن أن جعلها NSSA وهذا يجعلها تقبل أيexternal LSA type 7 وتنشره داخل NSSA ثم يعمل ABR على تحويله إلى type 5، كما يوضح الشكل التالي



الجدول التالي يوضح تلخيص للـ areas.

Area Type	1&2	3	4	5	7
Backbone (area 0)	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Non-backbone, non-stub	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Stub	Yes	Yes	No	No	No
Totally stubby	Yes	No*	No	No	No
Not-so-stubby	Yes	Yes	Yes	No	Yes

Route Table

تقوم خوارزمية OSPF بإعتماد cost لحساب المسافة الأقصر للوصول إلى destination معين حيث أن cost يكون مجموع الـcost لـ outgoing interface إلى destination. ويتم حساب cost لكل Interface من خلال المعادلة التالية: 10^8/BW ونستطيع بشكل يدوي أن نضع cost من خلال الأمر ip ospf cost.

Destination Types

كل route يصنف طبقا لـ destination type والذي يكون أما network أو router.

ونستطيع أستعراض كيف نصل إلى network من خلال الأمر المعروف show ip route.

أما في حالة كنا نريد معرفة router entries فقد يكون أما ABR or ASBR. فلكي يرسل router أي packet إلى Inter-area destination فإنة لابد من معرفة كيف يصل إلى ABR، لكن لكي يعبر إلى external destination فإنة لابد أن يعرف الطريق إلى ASBR، ويتم الاحتفاظ بهذه المعلومات في جدول توجية داخلي منفصل ونستطيع ملاحظته من خلال استخدام الامر show ip ospf border-routers.

ولن يتم عرض شبكة بل سوف يتم عرض router ID والذي سوف يكون أما ABR أو ASBR.

إعداد م/ محمد شايع

Path Types

يتم تصنيف أنواع Paths إلى التالي:

1- Intera-area paths وهو عبارة عن route داخل area الموجود فيها router ويرمز له بالرمز O.
2- Inter-area paths وهو عبارة عن route إلى area أخرى لكن داخل OSPF AS، ويرمز له بالرمز IA والذي دائما لابد أن يمر عبر ABR.
3- Type 1 external paths أو يرمز له بالرمز E1 وهو route إلى destination خارج OSPF AS ويعتبر الـcost هو مجموع الـ cost من source إلى ASBR وكذلك من ASBR إلى destination.
4- Type 2 external paths (E2) وهي كذلك route إلى outside OSPF AS لكن لايتم أخذ جمع cost للـ path من source إلى ASBR.

Route Table Lookups

تتم عملية إختيار أفضل مسار إلى destination بناء على التالي:

1- إختيار longest match والذي ممكن يكون واحد من التالي host, subnet, network, supernet, or default address، في عدم وجود تطابق مع أي route فإنة يتم إرسال رسالة من خلال ICMP بـ (Unreachable message).
2- في حالة تساوي أكثر من route فيتم إختيار المفاضلة بناء علىِ Administrative distance.
3- في حالة تساوي AD فيتم إختيار أقل metric.
4- في حالة تساوي metric فيتم الأختيار بناء على التالي بالترتيب بالنسبة لـ OSPF:
   - intra-area paths
   - inter-area paths
   - E1 external paths
   - E2 external paths

في حالة التساوي أيضا في جميع الحالات السابقة فيتم عمل (load balances) والذي يصل إلى حد أقصى 16 equal-cost path ولكن بشكل إفتراضي يكون يساوي 4 ونستطيع تغييره من خلال الأمر maximum-path.