شرح عن بروتوكول TCP/IP V6

إعداد

عبد الرحمن غسان زاعرور

سورية – حمص موبايل ٠٩٤٧٦١٥٧٤١

E-mail : Theprince-za08@hotmail.com

بعض مزايا العنوان IPv6

- **Address assignment features**:يتميز هذا النوع بسهولة: إعادة الترقيم – الحصول على العنوان بشكل تلقائي
- **Aggregation**: (التجميع) يمكن تجميع مجموعة من العناوين بشكل اسهل من السابق
- **No need for NAT/PAT**:عند استخدام العناوين العامة فإن جميع الاجهزة تستطيع الحصول على عنوان
- **IPsec:** يعمل هذا البروتوكول مع IPv4 & IPv6 ولكنه مطلوب في طرفيات IPv6
- **Header improvement :** لا يقوم Router بحساب header checksum لكل packet
- **Transition tools :** توجد عدة برامج للإنتقال من IPv4 الى IPv6

عملية الانتقال من IPv4 الى IPv6 قد تأخذ عدة سنوات

Global Unicast Addressing, Routing, and Subnetting

مع IPv4 تقوم الشركات بحجز عنوان خاص لها وهذا العنوان لا يكرر في العالم .

من أهم النقاط في شبكة الانترنت هي المحافظة على Routing Table بحجم صغير قدر المستطاع ومع ازدياد الطلب على الانترنت بشكل كبير اصبحت العناوين Public IP قليلة جدا لذلك أصبح استخدام NAT/PAT مطلوبا بشكل كبير

1- Conventions for Representing IPv6 Addresses

يستخدم IPv6 ارقام بنظام Hex وعددها ٣٢ خانة وترتب على شكل ٨ اجزاء (quartets) وكل جزء عبارة عن ٤ خانات ست عشرية ونستخدم **:** للفصل بينها ، أي ان هذا النظام يمثل بـ 128 bit
مثال

2340:1111:AAAA:0001:1234:5678:9ABC

عدد الأجزاء هو ٨ أجزاء فقط وكل جزء عبارة عن ٤ خانات ست عشرية فقط

يمكن اختصار طريقة كتابة هذا العنوان كما يلي:

- يمكن إهمال الصفر من اليسار
- في حال وجود اكثر من ربع يحتوي على اصفار فإنه يمكن اختصارها على الشكل :: ، يمكن استخدام هذه الطريقة مرة واحدة فقط

مثال:

FE00:0000:0000:0001:0000:0000:0000:0056

يمكن اختصار هذا العنوان بطريقتين

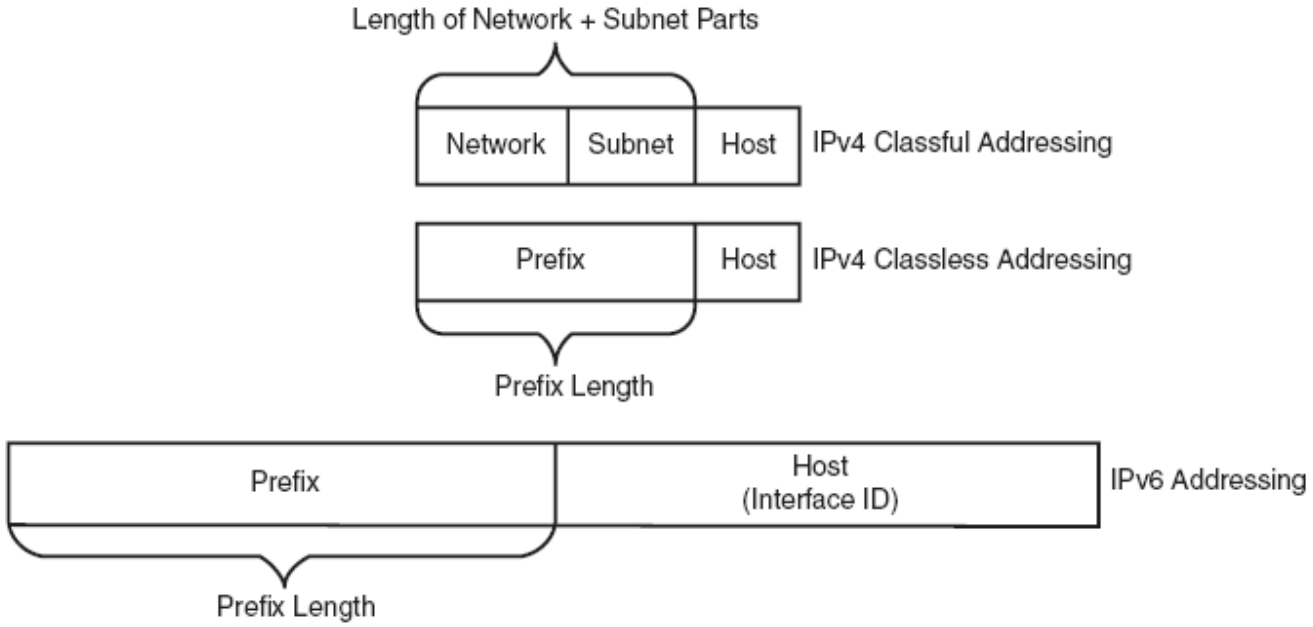
FE00::1:0:0:0:56
FE00:0:0:1::56

أما الاختصار التالي FE00::1::56 فهو خطأ

2- Conventions for Writing IPv6 Prefixes

تمثل prefixe هنا مجموعة block من العناوين المتتابعة وهذا العنوان نراه في Routing Table حيث أنه يشبه عنوان الشبكة في IPv4

يجب الانتباه الى ان العنوان IPv4 يمثل بطريقتين : classful او classless كما في الشكل التالي



اذا كان العنوان من النوع classful (128.107.3.0/ 24) فان خانات الشبكة تمثل بـ ١٦ خانة فقط لأن العنوان من الفئة B ويبقى لدينا ٨ خانات للجهاز ز٨ خانات لتمثل Subnets

اذا كان العنوان من النوع classless فان العنوان 128.107.3.0 يمثل عنوان الشبكة او **prefix** وطوله هنا ٢٤ خانة

العنوان من النوع IPV6 يستخدم النوع Classless فقط وبعد ذلك نكتب / والتي تمثل طول prefix

مثال

2000:1234:5678:9ABC:1234:5678:9ABC:1111/64

حيث ان الرقم ٦٤ يمثل طول prefix وهو : 2000:1234:5678:9ABC

والعنوان 2000:1234:5678:9ABC:1234:5678:9ABC:1111 ضمن الشبكة 2000:1234:5678:9ABC

عنوان الشبكة 2000:1234:5678:9ABC يمثل كما يلي:

2000:1234:5678:9ABC:**0000**:**0000**:**0000**:**0000**/64

او اختصارا:

2000:1234:5678:9ABC::/64

ملاحظة: اذا لم يكن طول prefix ليس من مضاعفات 16 فإننا نكمل باقي الخانات بصفر

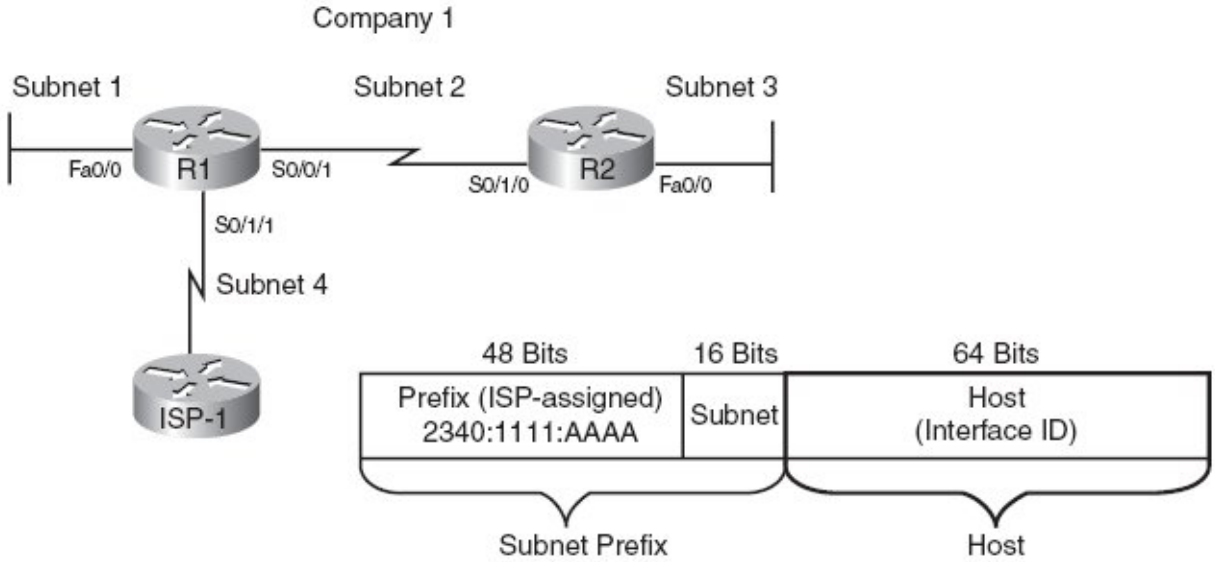
مثال:

2000:1234:5678:9A**00**::/56

العدد ٥٦ عبارة عن : ١٦+١٦+٨ وبالتالي يبقى لدينا ٨ خانات (عبارة عن خانتين ست عشرية) سوف نضع فيها أصفار

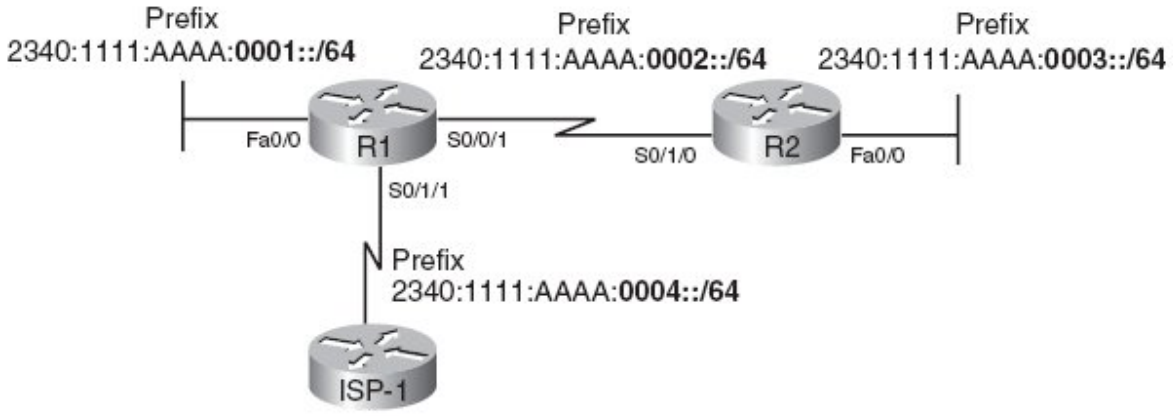
Prefix	Explanation	Incorrect Alternative
2000::/3	All addresses whose first 3 bits are equal to the first 3 bits of hex number 2000 (bits are 001)	2000/3 (omits ::) 2::/3 (omits the rest of the first quartet)
2340:1140::/26	All addresses whose first 26 bits match the listed hex number	2340:114::/26 (omits the last digit in the second quartet)
2340:1111::/32	All addresses whose first 32 bits match the listed hex number	2340:1111/32 (omits ::)

مثال على شبكة:



قام ISP بإعطاء الشركة العنوان 2340:1111:AAAA عنوان شبكة (subnet prefix او Site prefix) وطوله ٤٨ بت (١٦+١٦+١٦) ثم قمنا بتوسيع هذا الجزء ليصبح بطول ٦٤ بت وبالتالي يتكون لدينا ١٦ خانة تمثل Subnet حيث يتكون لدينا 2^{16} او 65,536 شبكة جزئية وكل شبكة جزئية تحتوي على 2^{64} او اكثر من 1,000,000,000,000,000,000 في كل شبكة جزئية

الشكل التالي يمثل الشبكة بعد تجزئتها



الشبكة الجزئية الاولى 2340:1111:AAAA:**0001::/64**

نلاحظ من هذا العنوان ان طول prefix هو ٦٤ خانة تشتمل على عنوان الشبكة الجزئية **0001**

IPv6 Protocols and Addressing

في الاصدار IPv4 يجب على الجهاز أن يعرف عنوان DNS Server وعنوان Default gateway وكذلك يجب ان يكون للجهاز عنوان IP و قناع
نفس هذه المعلومات يجب معرفتها مع IPv6 ولكنه قام بتعديل بعض الاعدادات لكي تحصل الطرفية على بعض المعلومات

DHCP for IPv6

تستخدم الطرفيات خدمة DHCP لأخذ عنوان IP وتجدديه بعد فترة وكذلك لمعرفة عنوان DNS و Default gateway حيث ان الطرفية ترسل اشارة multicast لكي تبحث عن DHCP server

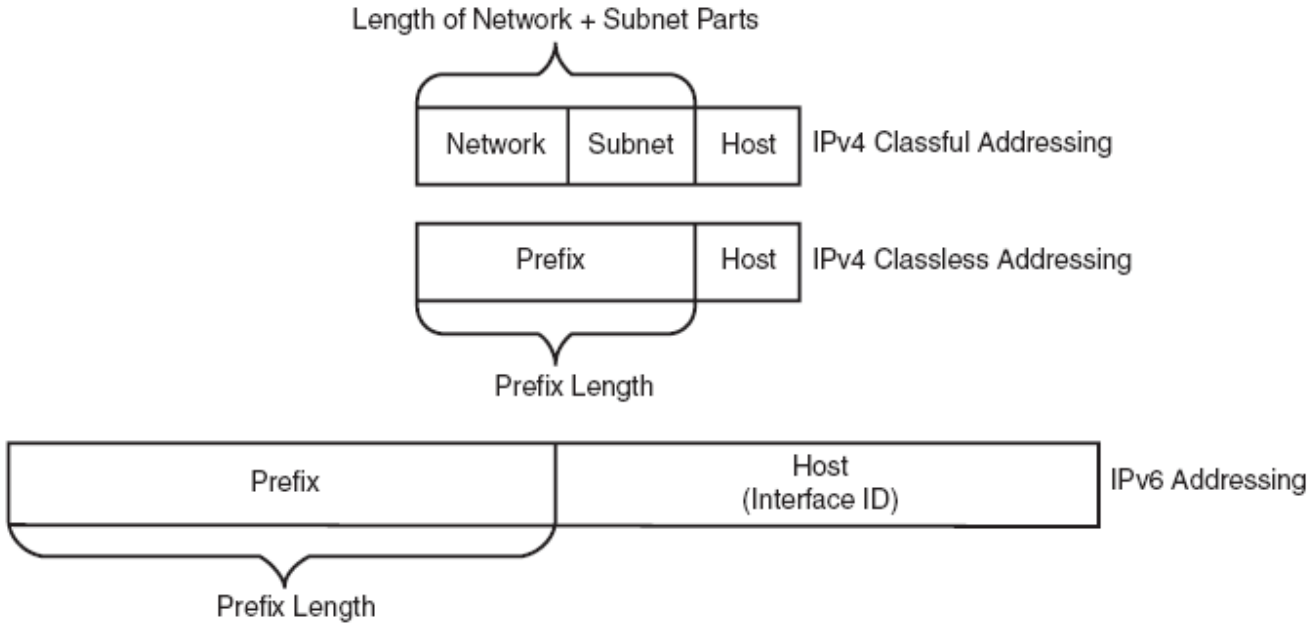
في DHCP v4 تقوم الخدمة بتقديم Log عن الطرفيات وعن العناوين التي وزعت وفترة التأجير ، تدعى هذه المعلومات بـ state information (stateful) (يقوم DHCP بإعطاء الطرفية كل المعلومات المطلوبة)
مع DHCP v6 يوجد لدينا اختيارين : stateful و stateless
في النوع stateless تطلب الطرفية من Router عنوان prefix بواسطة رسائل RA وتقوم الطرفية ببناء Host ID وتطلب من DHCP عنوان DNS Server و اسم Domain

يتميز عنوان multicast بشكل عام هنا بالشكل FF00::/8 (أي ان اول ثمان بتات في العنوان هي 1111 1111 او FF)
وعنوان multicast الخاص بـ DHCP v6 هو FF02::1:2 حيث ان Router يمرر هذا العنوان الى DHCP المناسب

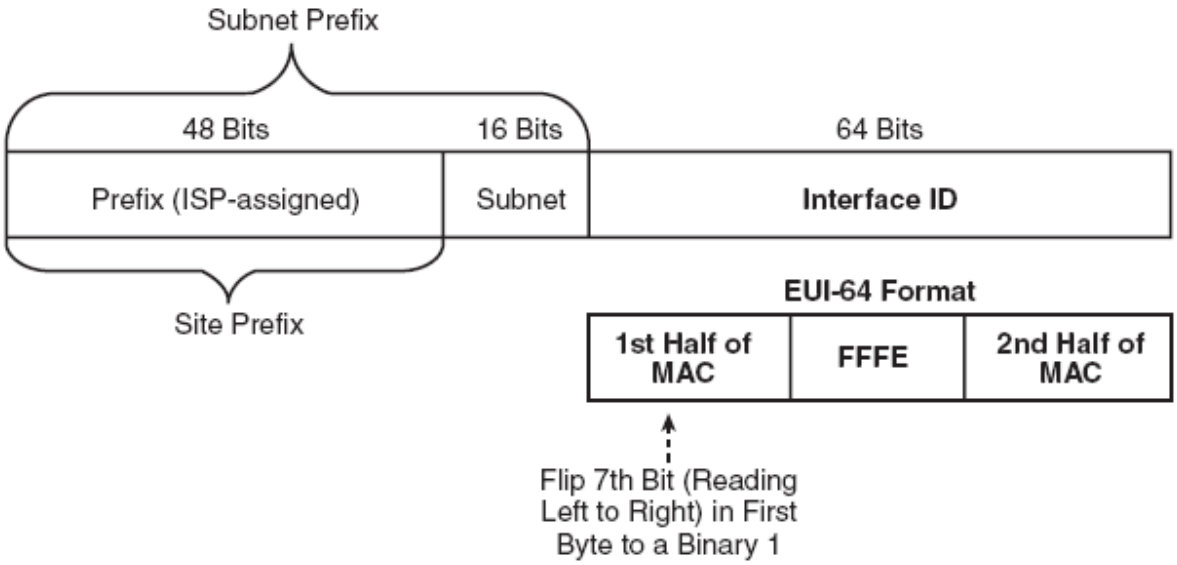
IPv6 Host Address Assignment

عادة يعطى Router عنوان static وتعطى الطرفيات عنوان dynamic

The IPv6 Interface ID and EUI-64 Format



يمنع تكرار Host ID (Interface ID) في نفس الشبكة
يتم يتم دمج عنوان MAC لكرت الشبكة ضمن قسم Host مع تحويل البت السابع الى ١ منطقي في القسم الاول في MAC



مثال

0034:5678:9ABC

بعد اجراء العمليات السابقة يكون كما يلي:

0234:56FF:FE78:9ABC

نقوم بأخذ اول خانتين من جهة اليسار 00 ثم نحولها الى ثنائي 0000 0000 ثم نحول البت السابع (من اليسار الى اليمين) الى واحد فيكون 0000 0010 وبعد تحويله يكون 02

يدعى الشكل السابق بـ EUI-64

Static IPv6 Address Configuration

عند استخدام الطريقة اليدوية فإنه يمكننا كتابة العنوان بإستخدام احدى الطرق:

١- كتابة العنوان بشكل يدوي كاملا (١٢٨ بت)

٢- كتابة اول 64 بت بشكل يدوي وبعدها يتم حساب Interface ID بإستخدام EUI-64 (٦٤ بت)

لجعل IPv6 فعلا في وصلة نستخدم الامر [**eui-64**] IPv6 address *address/prefix-length*

وفي حال عدم كتابة eui-64 فيجب كتابة العنوان كاملا

```
! The first interface is in subnet 1, and will use EUI-64 as the Interface ID
!
interface FastEthernet0/0
ipv6 address 2340:1111:AAAA:1::/64 eui-64

! The next interface spells out the whole 128 bits, abbreviated. The longer
! version is 2340:1111:AAAA:0003:0000:0000:0001/64. It is in subnet 2.
!
interface Serial0/0/1
ipv6 address 2340:1111:AAAA:2::1/64

! The third interface is in subnet 4, with EUI-64 format Interface ID again.
!
interface Serial0/1/1
ipv6 address 2340:1111:AAAA:4::/64 eui-64
```

R1#**show ipv6 interface fa0/0**
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::213:19FF:FE7B:5004
Global unicast address(es):
2340:1111:AAAA:1:213:19FF:FE7B:5004, **subnet is 2340:1111:AAAA:1::/64 [EUI]**

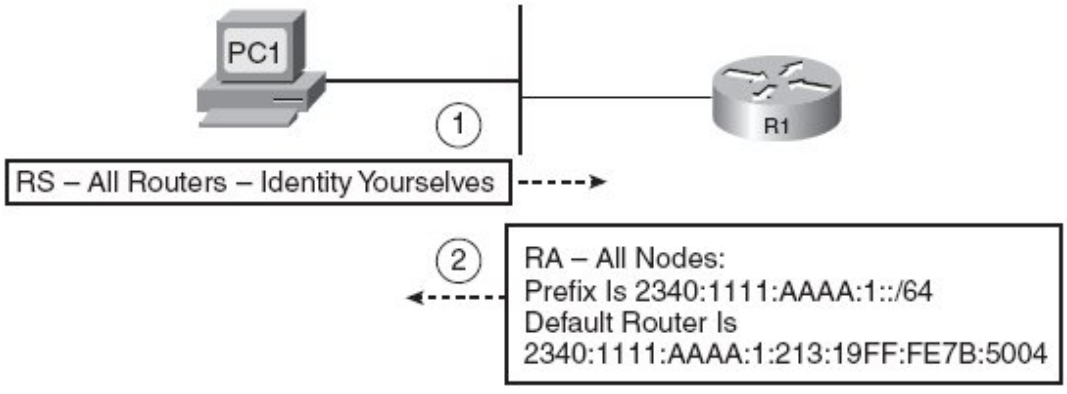
R1#show ipv6 interface S0/0/1
Serial0/0/1 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::213:19FF:FE7B:5004
Global unicast address(es):
2340:1111:AAAA:3::1, **subnet is 2340:1111:AAAA:3::/64**

R1#show ipv6 interface s0/1/1
Serial0/1/1 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::213:19FF:FE7B:5004
Global unicast address(es):
2340:1111:AAAA:4:213:19FF:FE7B:5004, **subnet is 2340:1111:AAAA:4::/64 [EUI]**

نلاحظ ان عنوان S0/0/1 قد كتب كاملا ١٢٨ بت وهو **2340:1111:AAAA:3::1**
بينما عنوان Fa0/0 و S0/1/1 قد كتب بإستخدام EUI-64 وبالتالي تم استخدام MAC للوصلة مع Fa0/0 الوصلتين وهو 0013.197B.5004 وبعد إجراء العمليات المطلوبة يتحول الى 213:19FF:FE7B:5004

Stateless Autoconfiguration and Router Advertisements

مع هذا النوع تقوم الطرفية بمحاولة الحصول على عنوان Prefix وهو عادة ٦٤ بت ومن ثم تقوم بحساب الجزء الخاص بـ Interface ID بإستخدام EUI-64



تقوم الطرفية بإرسال رسالة Router Solicitation RS (التوسل) على شكل اشارة multicast لكي تطلب من جميع Routers الموجود الرد على السؤال التالي : ما هو عنوان IPv6 prefix لهذه الشبكة وما هو عنوان IPv6 للبوابة الافتراضية

عنوان الهدف في رسالة RS هو FF02::2 وهذه الرسالة تعالج فقط بواسطة DHCP Routers ، اما رسالة RA فإنها ترسل الى جميع طرفيات IPv6 التي ارسلت اشارة RS بإستخدام العنوان FF02::1

IPv6 Address Configuration Summary

يمكن استخدام اربع طرق لإعطاء Host او Router Interface عنوان IPv6 وهي موجودة في الجدول التالي:

Static or Dynamic	Option	Portion Configured or Learned
Static	Do not use EUI-64	Entire 128-bit address
Static	Use EUI-64	Just the /64 prefix
Dynamic	Stateful DHCPv6	Entire 128-bit address
Dynamic	Stateless autoconfiguration	Just the /64 prefix

نلاحظ في الطرق اليدوية أنه يمكن استخدام طريقتين : كتابة كامل العنوان ١٢٨ بت أو كتابة عنوان Prefix ويتم حساب عنوان Host بواسطة MAC

IPv6 Addresses

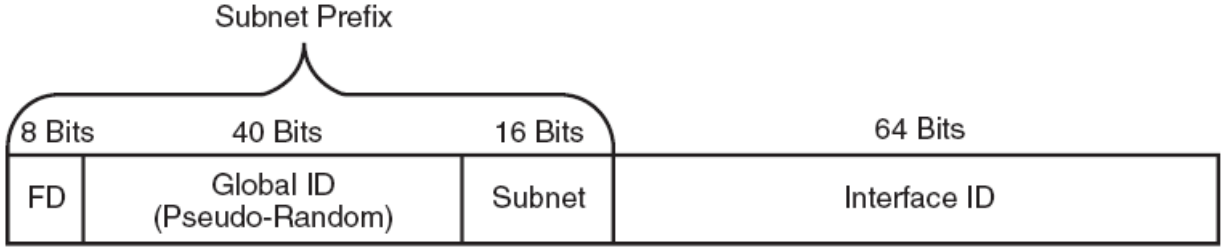
توجد ثلاث أنواع لهذا العنوان

- **Unicast :** عنوان وحيد يعطى لـ Interface
- **Multicast:** عنوان يمثل مجموعة أجهزة ويستخدم من اجل ارسال Packets الى جميع أعضاء المجموعة
- **Anycast:**عنوان من نوع Unicast يعطى لأكثر من Host (Servers) لهم نفس الوظيفة في الشبكة وعند ارسال Packets من الطرفيات الى هذا العنوان فان الـ Packets توجه الى اقرب Servers مما يسمح بعملية Load Balancing

توجد ثلاث انواع لـ Unicast وهي كما يلي:

- **Global unicast :** عنوان Public يستخدم للدخول الى شبكة الانترنت ويحدد بواسطة ICANN وعادة يكون هذا العنوان ضمن Prefix التالي: 2000::/3 (يشمل أي عنوان يبدأ بـ 2 Hex او 3 Hex)
(الثلاث اصفار هي لتكملة عنوان prefix ولو حولنا الرقو ٢ الى الثنائي سوف نجد انه ٠٠١٠ واذا اخذنا اول ثلاث خانات من جهة اليسار لكان الجواب هو ٠٠١ ونلاحظ ان الارقام التي تبدأ بهذا الرقم هي ٢ او ٣ ، ٢= ٠٠١٠ ، ٣ ٠٠١١، وبقية الارقام لا تتطابق مع الشكل 001)

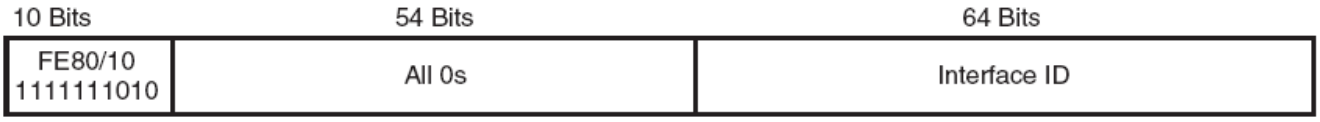
- **Unique local unicast :** عنوان خاص يستخدم في الشبكات المحلية وهذا العنوان يشبه Private Address في IPv4 ، جميع هذه العناوين تبدأ بـ FD00::/8 (أحيانا تدعى هذه العناوين بـ site local) انظر الشكل التالي



حيث يقوم المدير بتحديد Global ID والمكون من ٤٠ بت ، ويتبقى لدينا ١٦ بت للشبكات الجزئية و ٦٤ بت لتمثيل الطرفيات

- **Link local unicast:** يستخدم هذا العنوان كعنوان مرسل مع الوظائف التى تستخدم في نفس الشبكة المحلية Local subnet و Packets التي تستخدم هذه العناوين لا تمرر الى شبكات اخرى.
تقوم الطرفية قبل ارسال أي Packets بحساب عنوان link local وذلك لإستخدامه في وظائف محددة مثل : ارسال اشارة RS حيث يمثل هذا العنوان عنوان المرسل للطرفية في رسالة RS

مجال هذه الفئة يبدأ بـ FE80::/10 (يندرج تحته العناوين التالية **FE80-FE90-FEA0-FEB0**) ويبقى لدينا ٥٤ بت في PREFIX و ٦٤ بت للطرفيات
انظر الشكل التالي:



يستخدم هذا العنوان ايضا مع Routers عند تفعيل IPv6 في الوصلة حيث يقوم Router بحساب هذا العنوان بشكل تلقائي،
مع التمرين السابق

R1#**show ipv6 interface fa0/0**
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, **link-local address is FE80::213:19FF:FE7B:5004**
Global unicast address(es):
2340:1111:AAAA:1:213:19FF:FE7B:5004, **subnet is 2340:1111:AAAA:1::/64 [EUI]**

R1#show ipv6 interface S0/0/1
Serial0/0/1 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::213:19FF:FE7B:5004
Global unicast address(es):
2340:1111:AAAA:3::1, **subnet is 2340:1111:AAAA:3::/64**

R1#show ipv6 interface s0/1/1
Serial0/1/1 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::213:19FF:FE7B:5004
Global unicast address(es):
2340:1111:AAAA:4:213:19FF:FE7B:5004, **subnet is 2340:1111:AAAA:4::/64 [EUI]**

نلاحظ ان العنوان FE80::213:19FF:FE7B:5004 يستخدم كعنوان next-hop IP بدلا من استخدام عنوان عام global unicast او عنوان خاص unique local unicast

Multicast and Other Special IPv6 Addresses

الجدول التالي يوضح بعض العناوين الخاصة

Purpose	IPv6 Address	IPv4 Equivalent
All IP nodes on the link	FF02::1	Subnet broadcast address
All routers on the link	FF02::2	N/A
OSPF messages	FF02::5, FF02::6	224.0.0.5, 224.0.0.6
RIP-2 messages	FF02::9	224.0.0.9
EIGRP messages	FF02::A	224.0.0.10
DHCP relay agents (routers that forward to the DHCP server)	FF02:1:2	N/A
Loopback IP	::1 (127 bin 0s and a 1)	127.0.0.1
Unknown IP	:: (all bin 0s)	0.0.0.0

كيف تعمل الطرفية في IPv6

١. تقوم الطرفية بحساب عنوان link local address والذي يبدأ بـ FE80::/10 وهذا العنوان هو عنوان المرسل
٢. ترسل الطرفية اشارة RS حيث يكون الهدف هو جميع Routers (يكون عنوان Routers ضمن FE02::2) من اجل الحصول على قائمة بـ Default gateway و عنوان prefix وطوله
٣. يرد Router بإشارة RA حيث يكون عنوان Router هو عنوان link local وترسل هذه الرسالة الى جميع الطرفيات لإعطائها المعلومات المطلوبة
٤. في حال كان نوع العنونة التلقائية هو stateless autoconfiguraion فان التالي سوف يحدث:
   a. تقوم الطرفية بحساب عنوان unicast الخاص بها من prefix (الذي حصلت عليه من اشارة RA) وتضيف عليه EUI-64 لحساب Interface ID
   b. تطلب الطرفية من DHCP Server عنوان DNS Server واسم Domain
٥. في حال كان نوع العنونة التلقائية هو Statful DHCP فان الطرفية تطلب من DHCP عنوان IP وطول prefix وكذلك عنوان default gateway وعنوان DNS واسم Domain

Type of Address	Purpose	Prefix	Easily Seen Hex Prefix(es)
Global unicast	Unicast packets sent through the public Internet	2000::/3	2 or 3
Unique local	Unicast packets inside one organization	FD00::/8	FD
Link Local	Packets sent in the local subnet	FE80::/10	FE8, FE9, FEA, FEB
Multicast (link local scope)	Multicasts that stay on the local subnet	FF02::/16	FF02

IPv6 Routing Protocols

الجدول التالي يوضح Routing protocols المستخدمة مع IPv6

Routing Protocol	Full Name	RFC
RIPng	RIP Next Generation	2080
OSPFv3	OSPF version 3	2740
MP-BGP4	Multiprotocol BGP-4	2545/4760
EIGRP for IPv6	EIGRP for IPv6	Proprietary

اجريت عدة تعديلات على هذه البروتوكولات لدعم IPv6 حيث تم تعديل الرسائل المستخدمة حيث تم استخدام Header جديد
فمثلا البروتوكول RIPng يرسل التحديث على شكل رسائل Multicast بإستخدام العنوان FF02::9 حيث انها تستخدم العنوان link local unicast كعنوان لـ Next hop للجهاز التالي
اما المزايا الداخلية فبقيت نفسها

IPv6 Configuration

بشكل افتراضي البروتوكول IPv4 يعمل بشكل تلقائي أما البروتوكول IPv6 فيجب تفعيله يدويا في Router ويجب إعطاء كل وصلة عنوان IPv6
كذلك يجب تفعيل بروتوكول التوجيه يدويا في Router وفي كل وصلة (هنا لا نستخدم امر Network ولكن نفعل البروتوكول على الوصلات المطلوبة

لتفعيل أي بروتوكول نتبع الخطوات التالية:

١- تفعيل IPv6 routing في كامل الجهاز بإستخدام الامر **ipv6 unicast-routing**
٢- تفعيل البروتوكول المطلوب فمثلا لتفعيل RIPng نستخدم الامر: **ipv6 router rip** name
٣- إعطاء كل وصلة عنوان Ipv6 بإستخدام الامر : **ipv6 address** address/prefix-length [eui-64]
٤- تفعيل بروتوكول التوجيه في الوصلات ، فمثلا مع بروتوكول RIP نستخدم الامر **ipv6 rip** name **enable**
حيث ان name هنا يتطابق مع الاسم الموجود في الامر الموجود في السطر ٢ و يشترط ان يكون الاسم موحدا في جميع Routers

مثال

```
R1#show running-config

! this command used to enable Ipv6 routing
ipv6 unicast-routing


interface FastEthernet0/0
ipv6 address 2340:1111:AAAA:1::/64 eui-64
ipv6 rip atag enable
!the last command used to enable RIP in fa0/0


interface Serial0/0/1
ipv6 address 2340:1111:AAAA:2::1/64
```

```
ipv6 rip atag enable
interface Serial0/1/1
ipv6 address 2340:1111:AAAA:4::/64 eui-64
ipv6 rip atag enable
```

ipv6 router rip atag

! the last command used to enable RIP in Router

```
R1#show ipv6 route
IPv6 Routing Table - 10 entries

Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
U - Per-user Static route
I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary
O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2

R    ::/0 [120/2]   via     FE80::213:19FF:FE7B:2F58, Serial0/1/1

C    2340:1111:AAAA:1::/64    [0/0]    via ::, FastEthernet0/0
L    2340:1111:AAAA:1:213:19FF:FE7B:5004/128 [0/0] via ::, FastEthernet0/0

C    2340:1111:AAAA:2::/64 [0/0]         via ::, Serial0/0/1
L    2340:1111:AAAA:2::1/128 [0/0]      via ::, Serial0/0/1

R    2340:1111:AAAA:3::/64 [120/2]  via FE80::213:19FF:FE7B:5026, Serial0/0/1

C    2340:1111:AAAA:4::/64 [0/0]                via ::, Serial0/1/1
L    2340:1111:AAAA:4:213:19FF:FE7B:5004/128 [0/0]  via ::, Serial0/1/1

L     FE80::/10 [0/0]                 via ::, Null0

L     FF00::/8 [0/0]                  via ::, Null0
```

R1#show ipv6 interface brief

FastEthernet0/0 [up/up]
FE80::213:19FF:FE7B:5004 --------- link local (automatically generated)
2340:1111:AAAA:1:213:19FF:FE7B:5004 --------- global unicast

FastEthernet0/1 [up/up]
unassigned

Serial0/0/0 [administratively down/down]
unassigned

Serial0/0/1 [up/up]
FE80::213:19FF:FE7B:5004
2340:1111:AAAA:2::1

Serial0/1/0 [administratively down/down]
unassigned

Serial0/1/1 [up/up]
FE80::213:19FF:FE7B:5004
2340:1111:AAAA:4:213:19FF:FE7B:5004