

Network Architecture / M1: IPv6

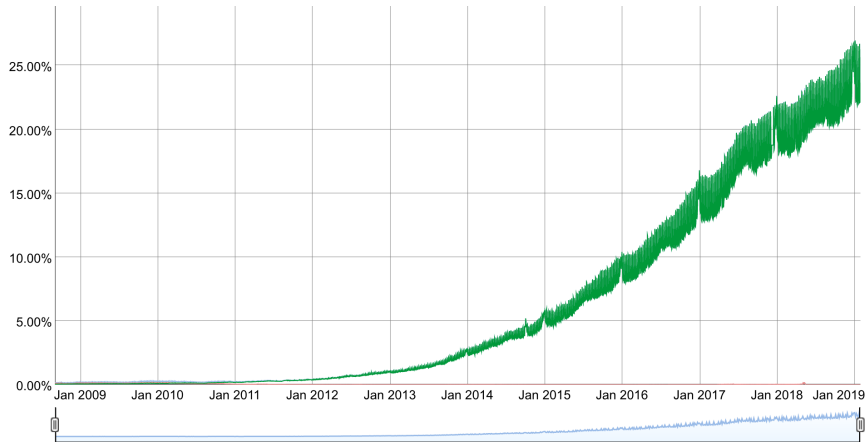
Ali Benzerbadj

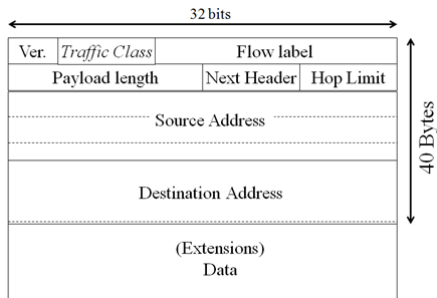
Ain Temouchent University BELHADJ Bouchaïb (UAT-2B)

15 décembre 2021

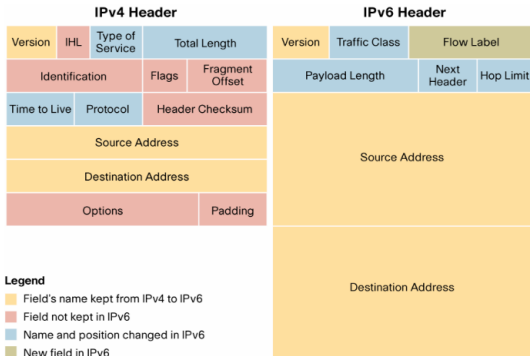
- IPv6 est aussi appelé IPng (IP new/next generation).
- En 1998, IPv6 censé remplacer à terme IPv4 a été adopté comme nouveau standard.
- Finalisé dans la RFC 2460 (décembre 1998).
- Élimine la nécessité d'utiliser le NAT (translation d'adresses).
- Mécanismes d'attribution automatiques d'adresses IP.
- Simplification du format de l'entête.

Google IPv6 Statistics





Comparaison IPV4 et IPV6



source : cisco (technologies_white_paper0900aecd8054d37d.pdf)

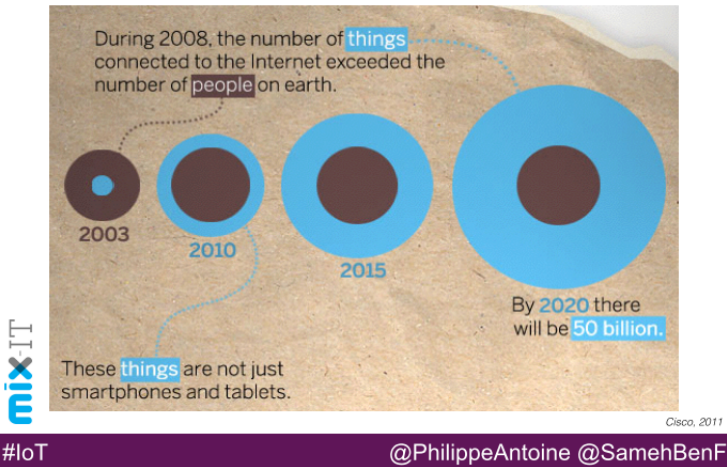
Figure 1 – Comparaison Entêtes IPV4 et IPV6 (Réseaux, Benoît Parrein, Polytech Nantes, SRT3).

- Un plus grand espace d'adressage, Larger address space from 2^{32} to 2^{128}
- Une entête simplifiée et efficace
- L'autoconfiguration
- Le support de la mobilité
- Compatibilité avec IPv4. L'adresse IPv6 peut contenir une adresse IPv4. On place les 32 bits de l'adresse IPv4 dans les bits de poids faibles et on ajoute un préfixe de 96 bits (80 bits à 0 suivi de 16 bits 0 ou à 1).

- `:~$ ip -6 addr show`
1 : lo : <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536
state UNKNOWN qlen 1
inet6 : :1/128 scope host
valid_lft forever preferred_lft forever
4 : wlx06f4a1c4f26 :
<BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu
1500 state UP qlen 1000
inet6 fe80 : :c994 :e4e8 :1685 :6582/64 scope link
valid_lft forever preferred_lft forever

- IPv4 : 4 Milliards d'adresses qui peuvent être attribuées.
- IPv6 : 340 milliards de milliards d'adresses uniques.
- Actuellement : 15 milliards d'appareils connectés à internet.
- 2020 : 50 milliards d'appareils (téléphone, montres, voitures etc.)

Nombre d'objets



- Les adresses IPv6 sont donc sur 128 bits (16 octets).
- A new packet structure that has **128-bit source and destination IP addresses**, which are **four times** larger than the current IPv4.
- Elles sont divisées en 8 groupes de 16 bits représentés par 4 chiffres **hexadécimaux** et séparés par “ :”.
- Ex. 5800 :10C3 :E3C3 :F1AA :48E3 :0923 :D494 :AAFF
- Ex. 2001 :0660 :7401 :0200 :0000 :0000 :0edf :bdd7
- Les lettres peuvent être en Majuscules ou Minuscules
- Dans IPv6, les masques sont exprimés en notation CIDR qui correspond à un slash (/) à la fin de l'adresse suivi de la longueur du préfixe en bits.

Tableau de comparaison

IPv4	IPv6
32 bits = 4 bytes	128 bits = 16 bytes = 8 segments (groups)
Decimal ↔ binary	Hexadecimal ↔ Binary
Doted notation	Column notation
10.1.1.1 172.16.1.1 192.168.1.1	2035 :0001 :2BC5 :0000 :0000 :087C :0000 :000A :: ::1 FE80 :: FEC0 :: FD00 :: 2000 :: FF00 ::

- Les "0" à gauche de chaque groupe peuvent être omis.
- Un ou plusieurs segments (groupes) de zéros consécutifs se notent " : :".
- Les autres champs de zéros peuvent être représentés par un seul zéro.
- La séquence " : :" ne peut apparaître qu'une seule fois dans une adresse IPv6.

- Ex. : 2001 :0660 :7401 :0200 :0000 :0000 :0edf :bdd7 →
2001 :660 :7401 :200 : :edf :bdd7
- Ex. : 2001 :0db8 :3c4d :0015 :0000 :d234 :3eee :0000 →
2001 :db8 :3c4d :15 :0 :d234 :3eee :0

Examples

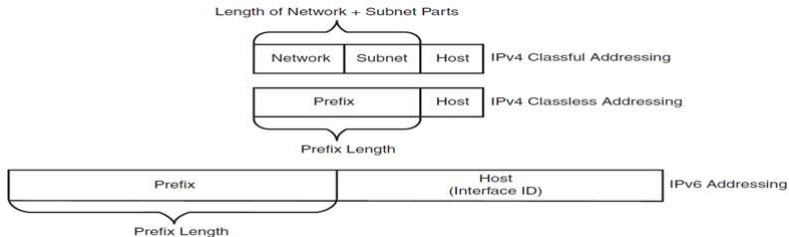
- 2030 :0000 :130F :0000 :0000 :09C0 :876A :130B
- 2030 :0 :130F :0 :0 :9C0 :876A :130B
- 2030 :0 :130F :0 :0 :9C :876A :130B → **incorrect**
- 2030 : :130F : :9C0 :876A :130B → **incorrect**
- 2030 :0 :130F : :9C0 :876A :130B → **correct**

Exercise

Before	After
2001 :0000 :0000 :0002 :0001 :0000 :0000 :ABCD	2001 : :2 :1 :0 :0 :ABCD 2001 :0 :0 :2 :1 : :ABCD
FF01 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :1	FF01 : :1
0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :1	: :1
0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :0	: :
2001 :0 :aabb :2 : :1	2001 :0 :aabb :2 : :1

IPv4 vs IPv6

IPv4	IPv6
Classful, Classless	Classless (VLSM)
Subnetmask, Prefix (CIDR)	Prefix (CIDR)
Classes A, B, C, D, E	No classes
Unicast Multicast Broadcast	Unicast Multicast Anycast

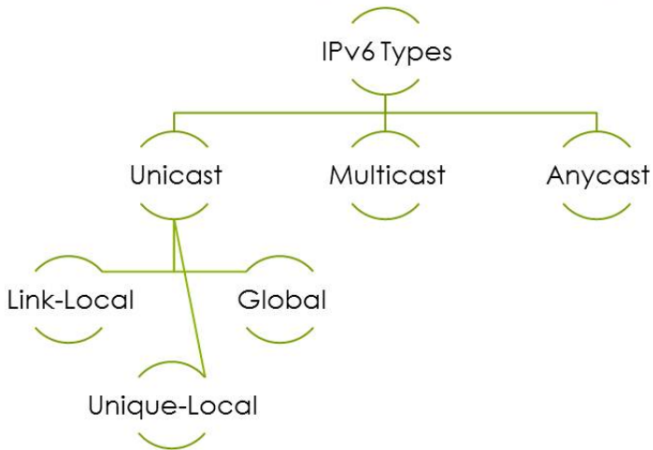


Référence : Jürgen Schönwälder Jacobs University Bremen May 17, 2019

- Unicast — Single sender and a single receiver (1 :1)
- Multicast — Single sender and multiple receivers (1 :n)
- Concast — Multiple senders and a single receiver (m :1)
- Multipeer — Multiple senders and multiple receivers (m :n)
- Anycast — Single sender and nearest receiver out of a group of receivers
- Broadcast — Single sender and all receivers attached to a network
- Geocast — Single sender and multiple receivers in a certain geographic region

- IPv6 types : Unicast, Multicast and Anycast
- In IPv6, the Broadcast is a special case of the multicast
- Unicast : 3 types :
 - Link-Local unicast address, **eq. APIPA in IPv4**
 - Unique-Local unicast address (called before Site-Local), **eq. Private in IPv4**
 - Global unicast address, **eq. Public in IPv4**

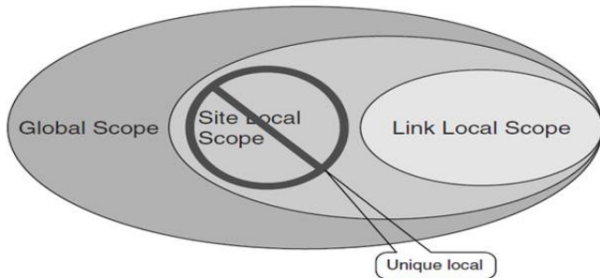
Types of IPv6 addresses



Unicast: 3 types

- 1) **Link-Local Unicast** Address.
- 2) **Unique-Local Unicast** Address. (**Site-Local** in the past).
- 3) **Global Unicast** Address.

Unicast Address Scoping



Types of IPv6 addresses

- **Unicast addresses** : An identifier for a single interface. A packet sent to a unicast address is delivered to the interface identified by that address.
- **Anycast addresses** : An identifier for a set of interfaces. A packet sent to an anycast address is delivered to the “nearest” one of the interfaces identified by that address.
- **Multicast addresses** : An identifier for a set of interfaces. A packet sent to a multicast address is delivered to all interfaces identified by that address.

Types of IPv6 addresses

- **Unicast addresses** : Identifies a single node, and a traffic destined to a unicast address is forwarded to a single node.
- **Multicast addresses** : Identifies a group of nodes, and a traffic destined to a multicast address is forwarded to all nodes in the group.
- **Anycast addresses** : Identifies a group of nodes, and a traffic destined to an anycast address is forwarded to the “nearest” node in the group.

- Une adresse unicast désigne une interface unique.
- Une adresse *multicast* désigne un groupe d'interfaces appartenant généralement à des nœuds différents et pouvant être situés partout sur Internet. Un paquet dont l'adresse de destination est *multicast* est acheminé à toutes les interfaces membres du groupe.
- Une adresse anycast désigne aussi un groupe d'interfaces, mais un paquet dont l'adresse de destination est une adresse anycast est acheminé à un élément du groupe et non à tous, généralement l'élément le plus proche. Cet adressage est expérimental.

On remarque que la notion d'adresse de broadcast a disparu ; c'est l'adressage multicast qui va jouer ce rôle en Ipv6.

Remarque

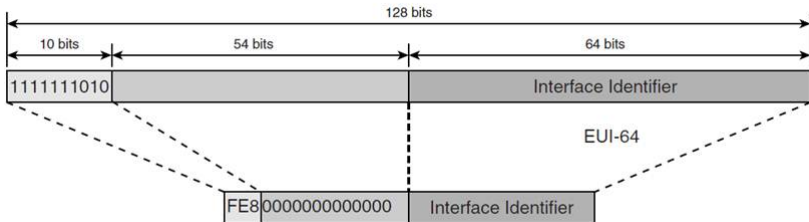
- Unicast : One to One
- Multicast : One to Many
- Anycast : One to the nearest (La particularité est que plusieurs hôtes peuvent prendre la même adresse IPv6)

Examples

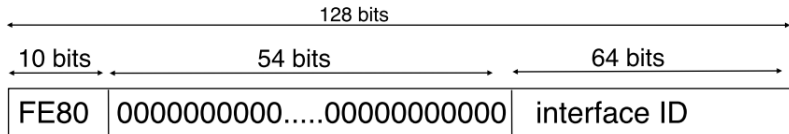
- 1080 :0 :0 :0 :8 :800 :200C :417A →
1080 : :8 :800 :200C :417A
- FF01 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :101 → FF01 : :101
- 0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :1 → : :1
- 0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 :0 → : :

Link-Local Unicast Address Structure

- Ressemble à APIPA en IPv4
- Commence depuis 1111 1110 10/10
- Equivalent à FE80 : :/64
- Fonctionne dans la portée du LAN (au niveau switch uniquement).
- Link-Local n'est pas utilisé que dans les cas de crise comme APIPA.

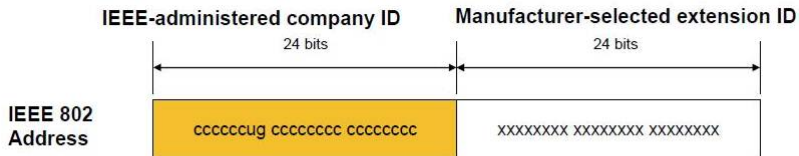


Structure d'une adresse Unicast Link-Local



- Used by hosts and routers attached to the same LAN to exchange IPv6 packets when they do not have/need globally routable addresses.
- Each host must generate one link local address for each of its interfaces
- Each IPv6 host will use several IPv6 addresses
- Each routers must generate one link local address for each of its interfaces

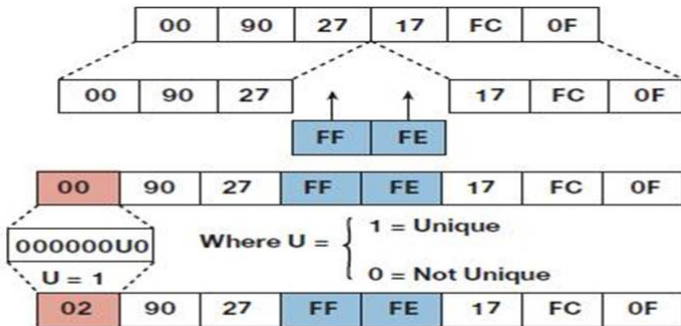
Link-Local Unicast Address Structure



EUI-64 Formation



Link-Local Unicast Address Structure

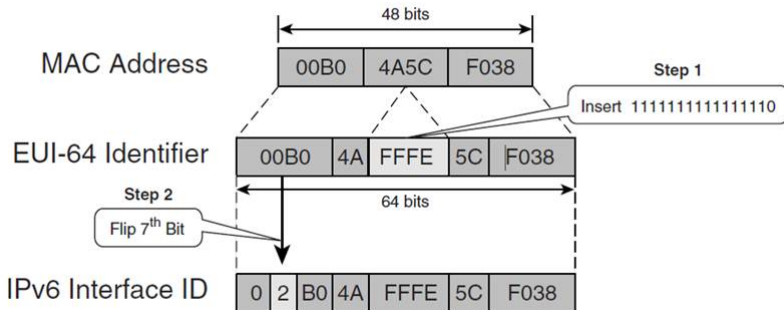


EUI-64 address inserts "FFFE" in middle.

Invert "U" bit to identify uniqueness of MAC.

Link-Local Unicast Address Structure

Generating an Interface ID from a MAC Address in the Modified EUI-64 Format



- APIPA est un processus qui permet à un système d'exploitation de s'attribuer automatiquement une adresse 169.254.x.y/16 lorsque le serveur DHCP est hors service ou injoignable.
- L'APIPA se trouve sur le réseau 169.254.0.0/16, i.e., plage : 169.254.0.1 → 169.254.255.254
- C'est un réseau privé qui n'est routable ni sur internet ni ailleurs. Lorsqu'une station dispose d'une adresse APIPA, elle ne pourra communiquer qu'avec d'autres machines configurées en APIPA (communication au niveau du même switch).

- Pour que deux machines ne s'affectent la même adresse APIPA, une fois qu'une machine s'est affectée une adresse APIPA (en choisissant deux chiffres aléatoires x et y), elle envoie une requête ARP (request ARP) aux autres machines pour leur demander si elles n'ont pas la même adresse. Si oui, elle choisit deux autres nombres aléatoires x et y et elle s'assure qu'ils ne sont pas déjà pris (request ARP) etc.
- APIPA est utilisé en cas de problème uniquement.

Remarque 1

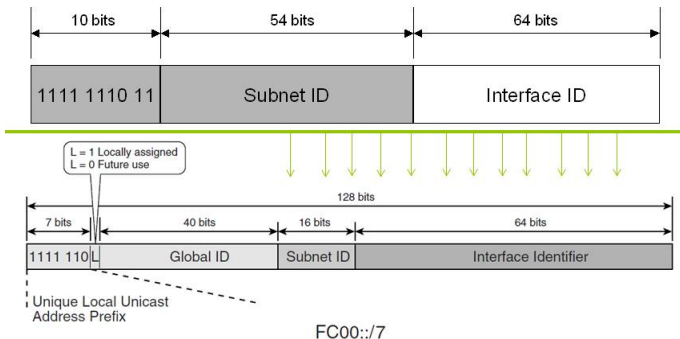
La plupart du temps, les cartes réseaux sont configurées pour émettre à leur montage des requêtes pour établir une communication avec un serveur DHCP. Cependant, quand la carte ne parvient pas à trouver une réponse à ses requêtes, elle choisit alors de se paramétrer en adressage APIPA.

Remarque 2

- Le service APIPA continue de vérifier la présence d'un serveur DHCP dans les environs et ce toutes les 5 minutes. Il réemet une requête de type DHCP Discover en espérant avoir une réponse d'un serveur. S'il obtient une réponse, le service DHCP affectera une adresse IP à la carte réseau et remplacera l'IP APIPA en place.
- Pour désactiver/activer APIPA sous Debian :
 - ① Modifier le fichier `/etc/default/avahi-daemon` en mettant `AVAHI_DAEMON_DETECT_LOCAL` à 0
 - ② Redémarrer le daemon avahi via la commande `/etc/init.d/avahi-daemon restart`

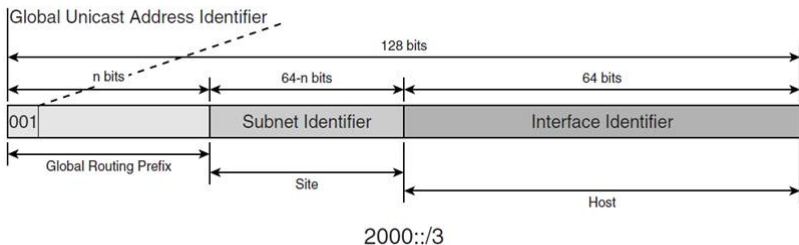
Site-Local/Unique-Local Unicast Address Structure

- Ressemble aux adresses privées en IPv4
- Commence depuis 1111 1110 11/10, 1111 1101/8
- Equivalent à FEC0 : :/64 (Peut être répétée), FD00/64 (Ne peut être répétée. Peut sortir sur internet dans le futur si il y a besoin de le faire.)
- Fonctionne au niveau de l'organisation.

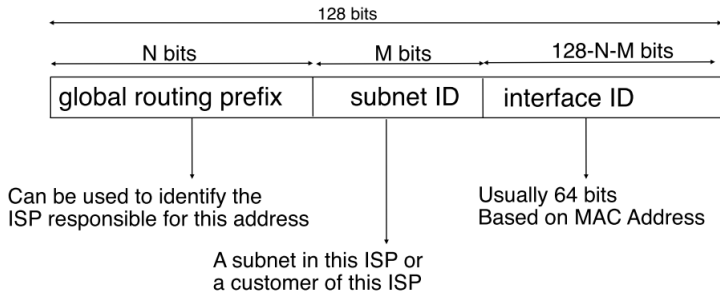


Global Unicast Address Structure

- Ressemble aux adresses publiques en IPv4 et sont affectées par l'IANA.
- Commence depuis 001/3
- Equivalent à 2000 : :/3
- Fonctionne au niveau internet.



Global Unicast Address Structure



Global Unicast Address Structure

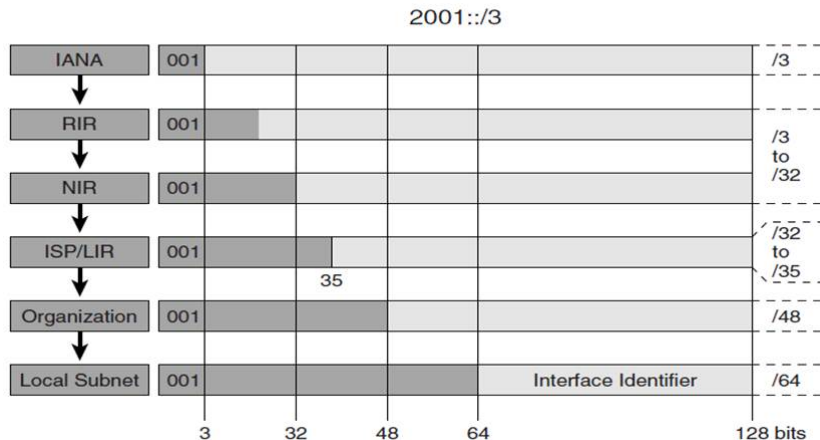
1. **IANA.**
2. **RIR** (Regional Internet Registries).
3. **NIR** (National Internet Registries).
4. **ISP/LIR** (Local Internet Registries)
5. **Site/Organization**
6. **Subnet/Local Subnet**

The current **RIRs** are as follows:

- أفريقيا African Network Information Center (**AfriNIC**).
- آسيا والمحيط الهادي Asia Pacific Network Information Center (**APNIC**).
- أمريكا American Registry for Internet Numbers (**ARIN**).
- أمريكا اللاتينية والكاريبي Regional Latin-American and Caribbean IP Address Registry (**LACNIC**).
- أوروبا Reseaux IP Européens (**RIPE NCC**).

Global Unicast Address Structure

IPv6 Prefix-Allocation Process



Presentation

Comme pour IPv4, les adresses de monodiffusion globale IPv6 peuvent être configurées :

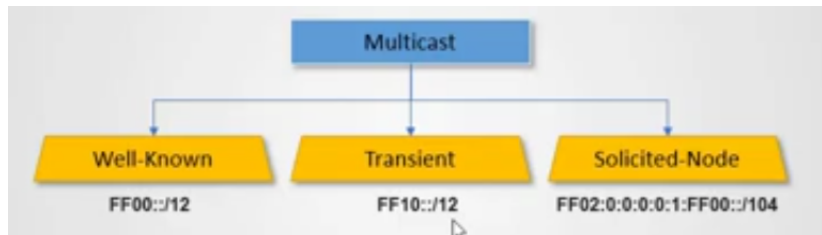
- Manuellement
- Façon dynamique

Cependant, il existe deux méthodes d'attribution dynamique des adresses de monodiffusion globale IPv6.

Presentation

- SLAAC est une méthode grâce à laquelle un périphérique peut obtenir une adresse de monodiffusion globale IPv6 sans les services d'un serveur DHCPv6.
- Le protocole ICMPv6 se trouve au cœur du processus SLAAC.
- SLAAC utilise des messages d'annonce et de sollicitation de routeur ICMPv6 pour fournir les informations d'adressage et d'autres informations de configuration.

IPv6 Multicast Addresses



What is Multicast ?

Multicast is a technique in which a device sends a single packet or a single stream of packets to multiple destinations simultaneously (one-to-many).

What is Unicast ?

Unicast is a technique in which a device sends a single packet to a single destinations (one-to-one).

Prefix

An IPv6 multicast address has the prefix **ff00 ::/8** which defines a group of devices known as a **multicast group**. It is the IPv4 equivalent of **224.0.0.0/4**

IPv6 Multicast Addresses

❖ **Multicast** is a technique in which a device sends a single packet or a single stream of packets to multiple destinations simultaneously (one-to-many).

❖ **Unicast** is a technique in which a device sends a single packet to a single destinations (one-to-one).

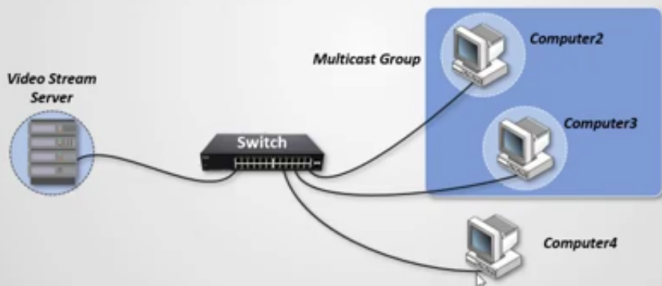


Figure 2 – Example

Important remark

A packet sent to a multicast group always has a unicast source address. A multicast address can only be a destination address and can never be a source address.

IPv6 Multicast Addresses

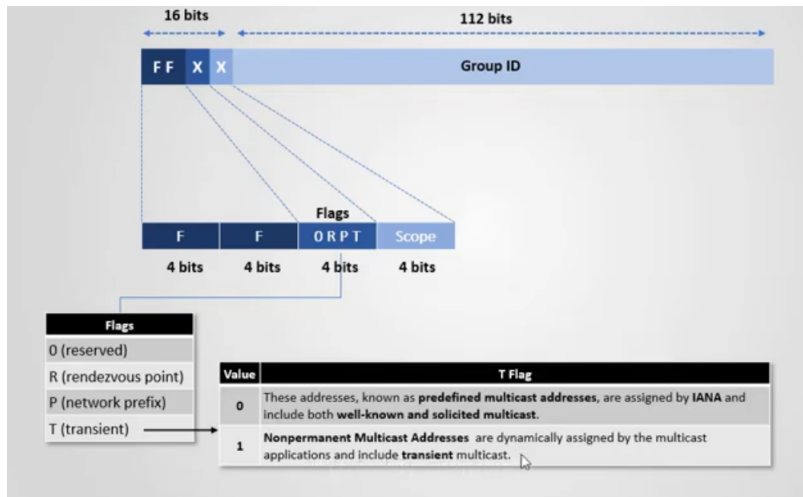


Figure 3 – Multicast address format

IPv6 Multicast Addresses

❖ The **scope field** indicates the scope of the IPv6 internetwork for which the multicast traffic is intended. In addition to information provided by multicast routing protocols, routers use multicast scope to determine whether multicast traffic can be forwarded.

4 bits	4 bits	4 bits	4 bits
F	F	0	Scope

Value	Scope
0	Reserved
1	Interface-local scope (same node)
2	Link-local scope (same link)
3	Subnet-local scope
4	Admin-local scope
5	Site-local scope (same site)
8	Organization-local scope
E	Global scope
F	Reserved

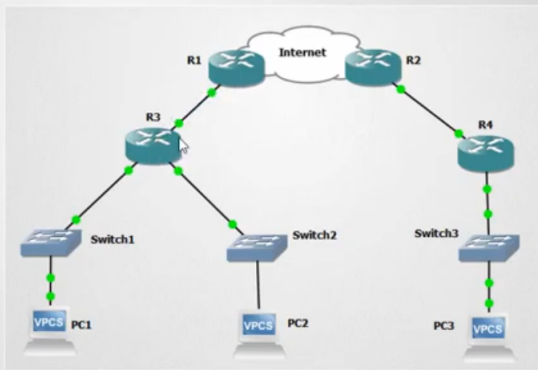


Figure 4 – Multicast address scope

IPv6 Multicast Addresses

❖ **The scope field** indicates the scope of the IPv6 internetwork for which the multicast traffic is intended. In addition to information provided by multicast routing protocols, routers use multicast scope to determine whether multicast traffic can be forwarded.

4 bits	4 bits	4 bits	4 bits
F	F	0	Scope

Value	Scope
0	Reserved
1	Interface-local scope (same node)
2	Link-local scope (same link)
3	Subnet-local scope
4	Admin-local scope
5	Site-local scope (same site)
8	Organization-local scope
E	Global scope
F	Reserved

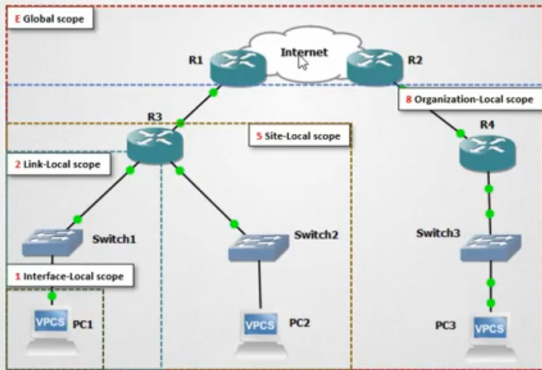


Figure 5 – Multicast address scope