



دانشگاه صنعتی شریف

IPv6

بخش نخست: معماری پروتکل و آدرس دهی

امین خسروشاهی

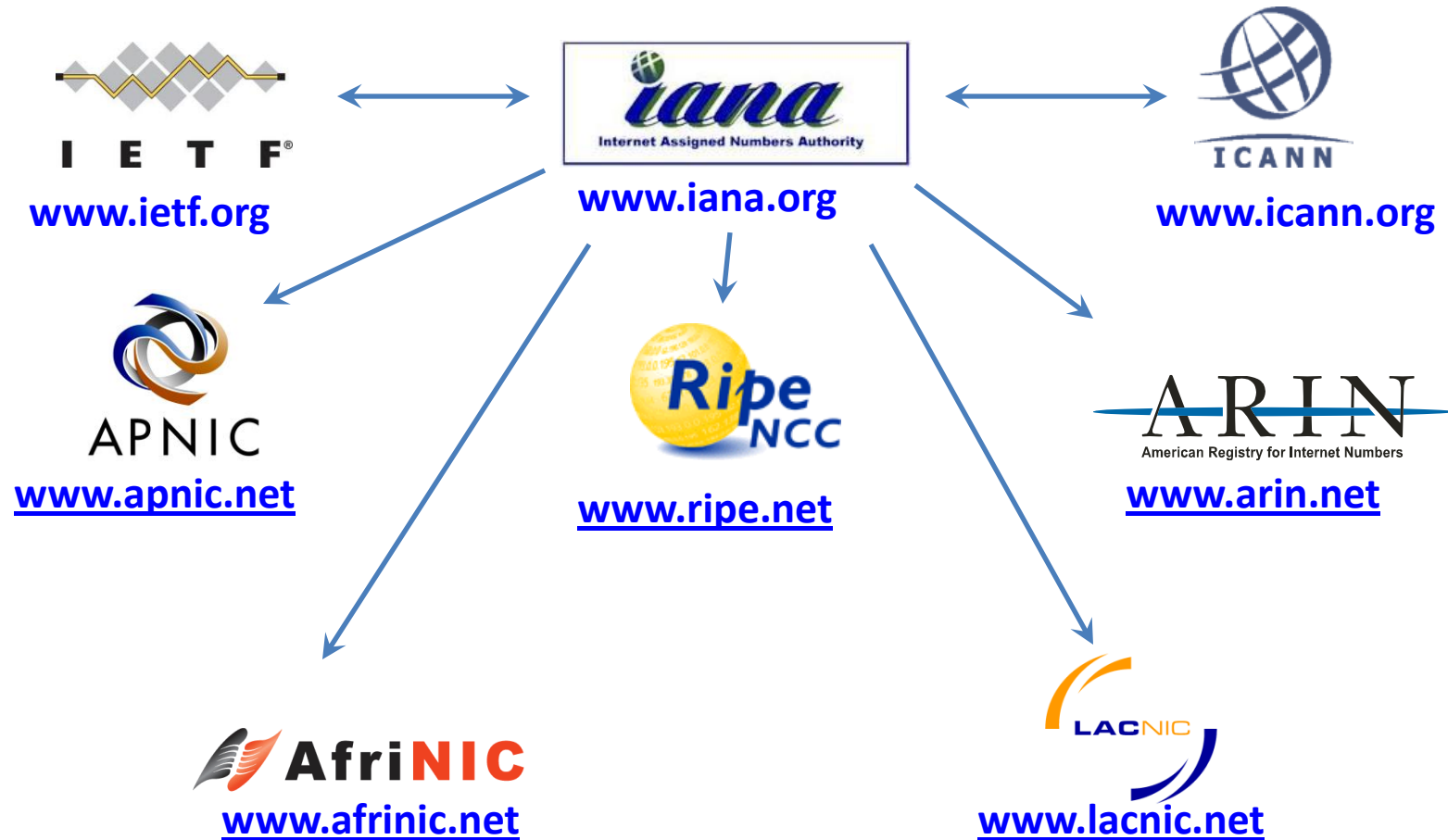


تاریخچه

| | |
|----------------------|--|
| نسخه ابتدایی، نسخه ۰ | مارس ۱۹۷۷ |
| نسخه ۱ | ژانویه ۱۹۷۸ |
| نسخه ۲ | فوریه ۱۹۷۸ زیرنسخه A |
| نسخه ۳ | فوریه ۱۹۷۸ زیرنسخه B |
| نسخه ۴ | سپتامبر ۱۹۸۱، نسخه ای که در حال استفاده است. |
| نسخه ۵ | Stream Transport، کنار گذاشته شده است. |
| نسخه ۶ | دسامبر ۱۹۹۸، قبلا به نام SIP یا SIPP شناخته میشود. |

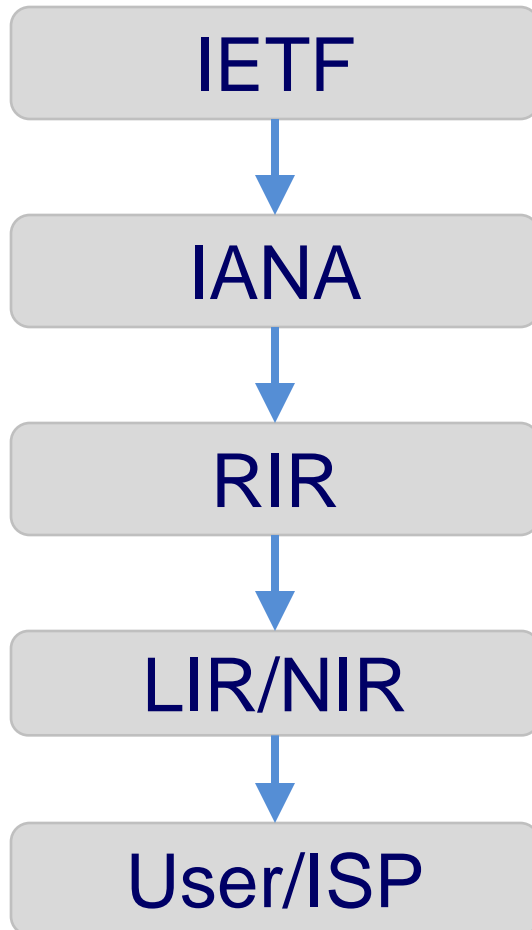


سازمانهای مدیریت اینترنت





نحوه توزیع آدرسهای اینترنت



- آدرسها و نحوه توزیع آنها توسط سازمان IETF استاندارد شده و برای توزیع به IANA سپرده میشود.
- سازمان IANA بر اساس تقاضای هریک از پنج RIR یک بلوک بزرگ به آنها اختصاص میدهد.
- شرکتها/سازمانهایی که متقاضی دریافت آدرسهای IP هستند، با پرداخت هزینه سالیانه عضو RIR مربوطه میشوند. این اعضا (Local Internet Registry) LIR نامیده میشوند.
- LIRها بر اساس نیاز خود و با ارائه مدارک مستدل از RIR خود تقاضای بلوک آدرس IP میکنند.
- آدرسهای IP به مالکیت هیچ LIRی در نمی آیند، آدرسهای IP "در اختیار گذارده میشوند".



بزرگترین چالش توسعه اینترنت

- آدرسهای IPv4 به پایان رسیده اند و در حال حاضر با توسعه بسیار سریع اینترنت به کلیه تجهیزات و دستگاهها نیاز به فضای آدرس دهی بیشتری وجود دارد.
- NAT به عنوان یک راه حل کوتاه مدت مطرح شده و در ابعاد بزرگ قابل پیاده سازی نیست.
- معماری IPv4 برای برخی از فناوری های جدید به خوبی جوابگو نیست (نظیر IP Mobility)
- نیاز به بهینه شدن ساختار جداول مسیریابی (Routing Table) و افزایش سرعت پردازش بسته های IP وجود دارد.



چرا IPv6؟

- آدرسهای بیشتر: 2^{128} آدرس تقریباً معادل 3.4×10^{38} آدرس
- Zero Configuration برای کاربران
- امنیت بالاتر
- تحرک پذیری، Mobility
- پردازش ساده تر روی مسیریابها: سرآیند ساده تر، حذف تکه شدن توسط مسیریابها، نبود Checksum، برچسب گذاری جریان ترافیک.
- قابلیت توسعه و پشتیبانی از سرویسهای آینده.
- پشتیبانی از بسته های بسیار بزرگ (Jumbograms) برای MTUهای بزرگ (تا $2^{32} - 1$ بایت)



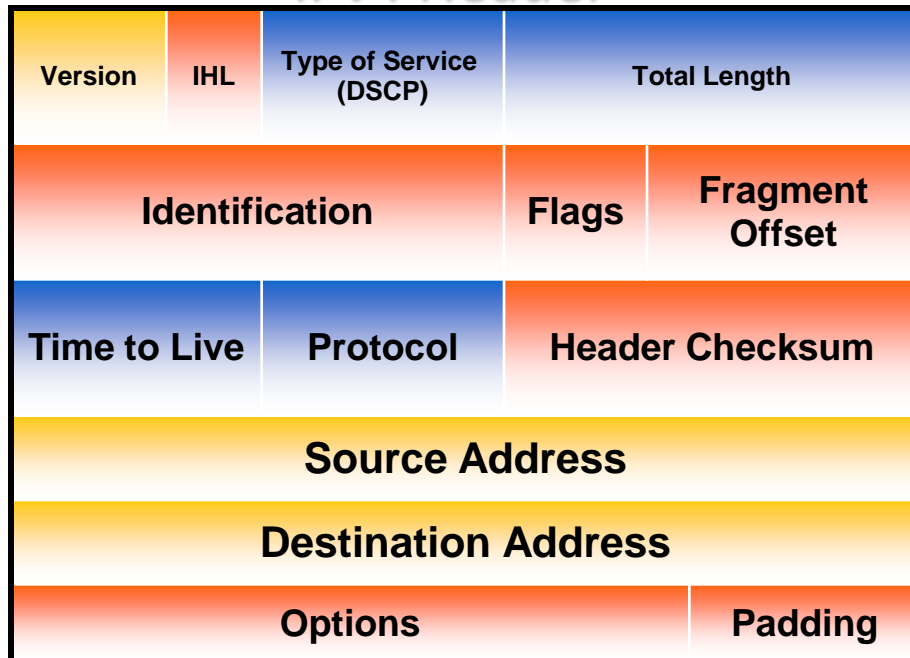
تغییرات عمده در IPv6

- ۱- فضای آدرس دهی بیشتر
- ۲- ساده تر شدن فرمت سرآیند (Header)
- ۳- امنیت بیشتر
- ۴- حذف Broadcast
- ۵- حذف تکه شدن (Fragmentation) در مسیریابها
- ۶- حذف Checksum
- ۷- سرآیندهای اضافی

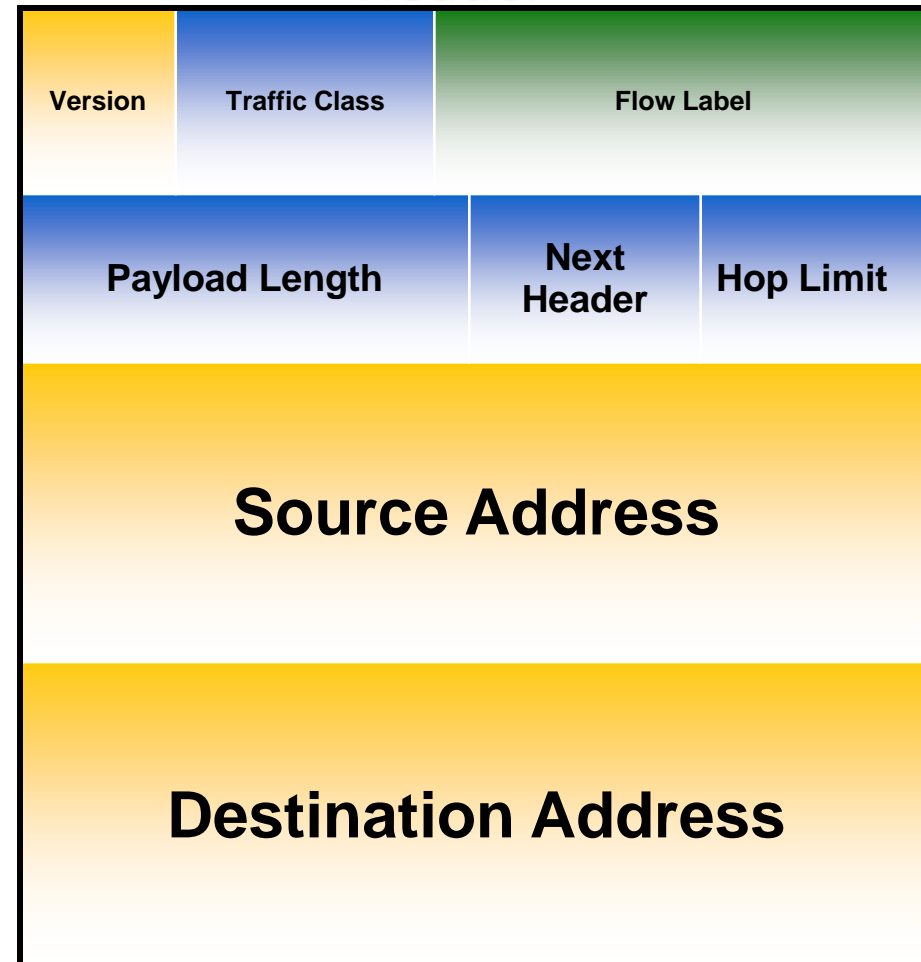






تغییرات IPv6: مقایسه سر آیندها

IPv4 Header



IPv6 Header



-  - field's name kept from IPv4 to IPv6
-  - fields not kept in IPv6
-  - Name & position changed in IPv6
-  - New field in IPv6



مقایسه سرآیندها

- فیلد Version: ۴ بیتی، حفظ شده است.
- IHL: طول سرآیند، به صورت word (۳۲ بیتی) بیان میشود. در IPv4، حداقل ۲۰ و حداکثر ۶۰ بایت است. در IPv6 حذف شده است.
- ToS (در حال حاضر با RFC2474 به صورت DSCP+ECN تعریف میشود)
- Total Length (طول کل بسته) به Payload Length (طول محتوا) تغییر یافته است.



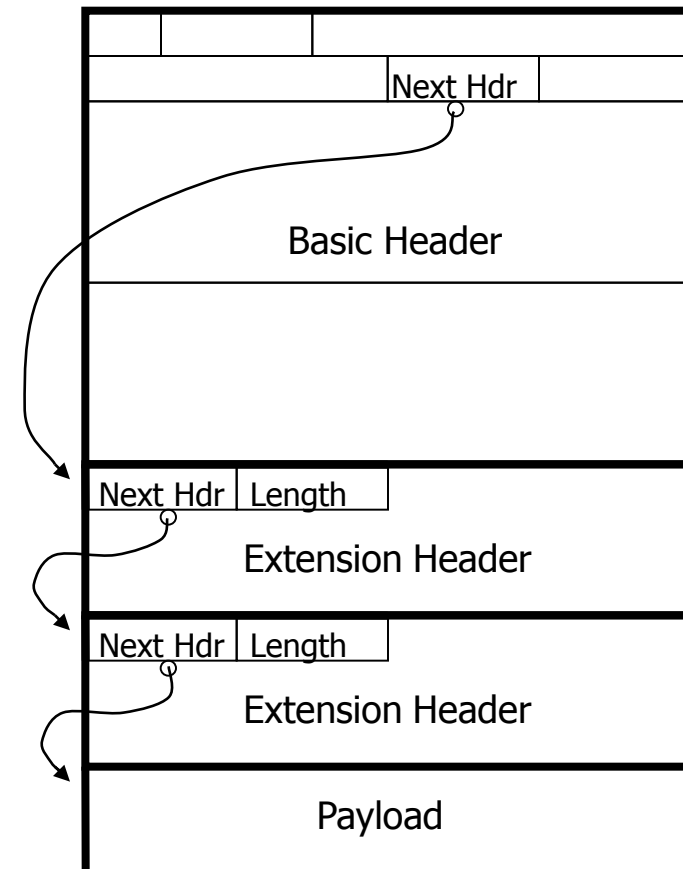
مقایسه سرآیندها

- یک فیلد Flow Label اضافه شده است که برچسب گذاری جریان های ترافیکی را انجام میدهد.
- فیلدهای ID، Flag و Fragment Offset حذف شده اند، چرا که در مسیر Fragmentation اتفاق نمی افتد.
- نام فیلد TTL به Hop Limit تغییر یافته است.
- فیلد Checksum کلا حذف شده است.
- با معرفی Extension Headerها نیازی به فیلد Option نیز نخواهد بود.



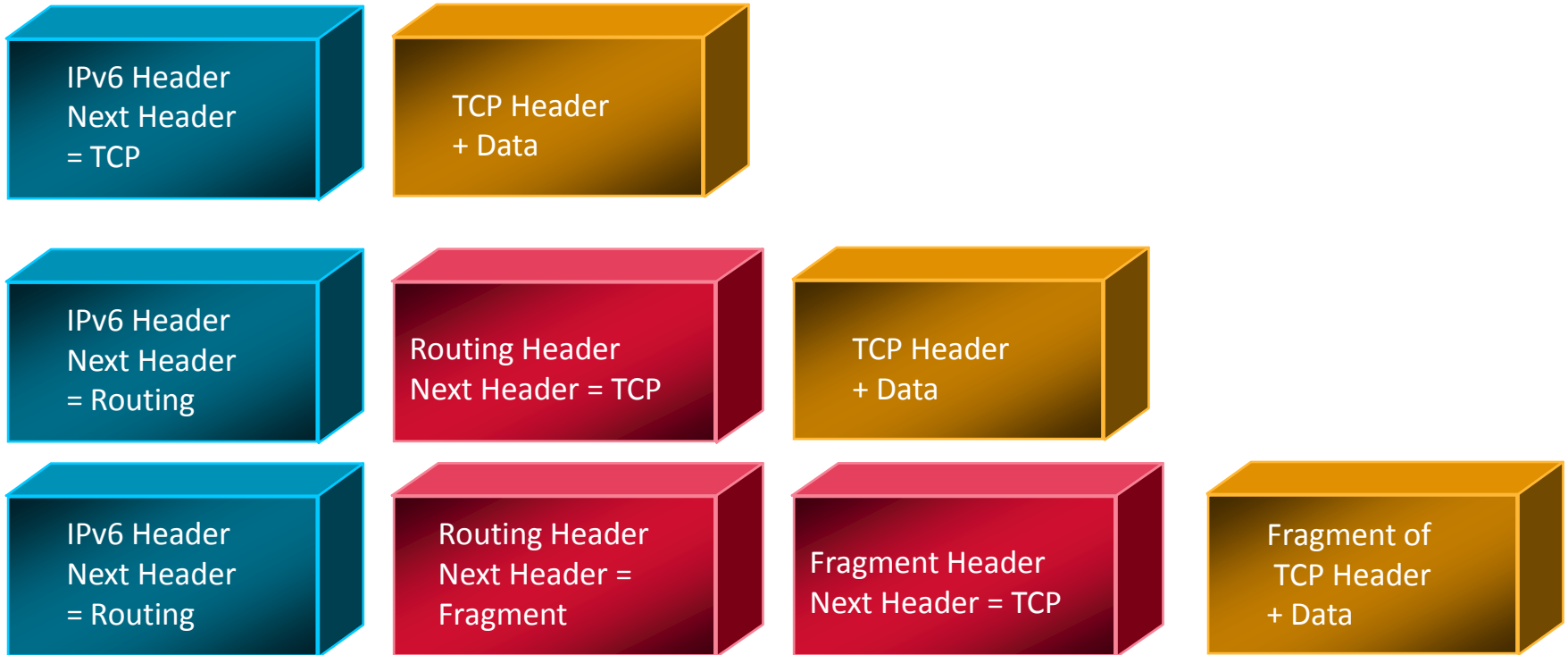
توسعه سرآیندها

- سرآیند اصلی ساده شده است تا پردازش آن ساده تر شود و اطلاعات اضافی در Extension Header انتقال می یابد.
- سرآیند Routing
- سرآیند Fragment
- AH و ESP
- ...
- فیلد Next Header تایپ سرآیند بعدی را مشخص میکند.





سرآیندهای اضافی



- طول سرآیند بسته IPv6 ثابت است که باعث بهینه سازی forwarding آن میشود



سرآیندهای اضافی

- در حال حاضر سرآیندهای اضافی زیر تعریف شده اند که به ترتیب زیر قرار میگیرند:
 - IPv6 header
 - Hop-by-Hop Options header
 - Destination Options header
 - Routing header
 - Fragment header
 - Authentication header (RFC 1826)
 - Encapsulating Security Payload header (RFC 1827)
 - Destination Options header
 - upper-layer header



پردازش سرآیندهای اضافی

- تمامی سرآیندهای اضافی (بجز Hop-by-Hop Options) فقط توسط Destination پردازش میشوند.
- چنانچه یک سرآیند اضافی قابل شناسایی نباشد، کل بسته (Packet) دور ریخته میشود (Packet Drop)
- ترتیب سرآیندها توسط استانداردهای IETF توصیه شده اند.
- مقدار ۵۹ در فیلد Next Header معرف آنست که سرآیند دیگری به دنبال سرآیند فعلی وجود ندارد.



پروتکل ICMPv6

- پروتکل‌های کنترلی IPv4 عبارتند از:

ICMP –

IGMP –

– ARP (برای بستر Broadcast نظیر Ethernet)

- در صورتیکه پروتکل کنترلی IPv6 فقط ICMPv6 میباشد. (سایر پروتکلها نظیر ND از

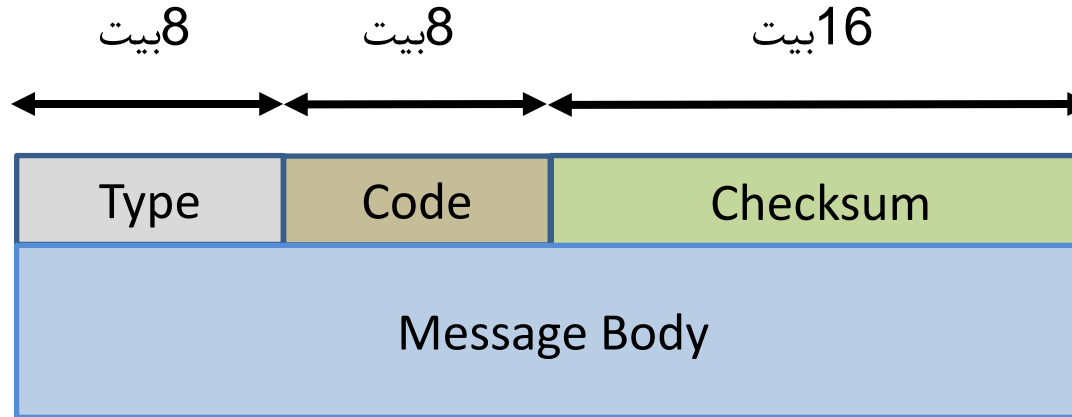
ICMPv6 استفاده میکنند.)

- ICMPv6 از یک سرآیند اضافی استفاده میکند (NH Value=58) که باید کاملا پشتیبانی

شده و مکانیزم‌های مختلف آن قابل کار در شبکه باشد.



پروتکل ICMPv6



- فیلد Type:

- از 0 تا 127 مشخص کننده پیغام های خطا (Error) است.

- از 128 تا 256 برای پیغام های اطلاعاتی است.

- بسته ICMPv6 نباید تکه (Fragment) شود.

- بسته ICMPv6 نباید در پاسخ به یک بسته ICMPv6 Error یا Redirect تولید شود.



مقایسه کلی تکنولوژی IPv6

| <i>IP Service</i> | <i>IPv4 Solution</i> | <i>IPv6 Solution</i> |
|--------------------|--|--|
| Addressing Range | 32-bit, Network Address Translation | 128-bit, Multiple Scopes |
| Autoconfiguration | DHCP | Serverless, Reconfiguration, DHCP |
| Security | IPSec | IPSec Mandated, works End-to-End |
| Mobility | Mobile IP | Mobile IP with Direct Routing |
| Quality-of-Service | Differentiated Service, Integrated Service | Differentiated Service, Integrated Service |
| IP Multicast | IGMP/PIM/Multicast BGP | MLD/PIM/Multicast BGP, Scope Identifier |



معماری آدرسهای IPv6

- استاندارد RFC 3513: فضای آدرس دهی IPv6، ۱۲۸ بیت است.
- آدرسهای IPv6 به سه دسته تقسیم میشوند:
 - آدرسهای Unicast: نظیر IPv4، یک Host به یک Host دیگر
 - آدرسهای Multicast: نظیر IPv4، یک Host به چند Host یا یک گروه
 - آدرسهای Anycast: یک Host به نزدیکترین Host (از آدرسهای Unicast اختصاص می یابد)
- آدرسهای Broadcast حذف شده اند.
- یک واسط (Interface) شبکه میتواند چندین آدرس IPv6 در آن واحد داشته باشد.



تکه شدن بسته، Fragmentation

- زمانیکه حداکثر طول یک واحد انتقال اطلاعات در لایه دوم (که Frame نامیده میشود) به هر دلیلی برای انتقال یک واحد انتقال لایه سوم (یا packet، که در اینجا منظور یک IPv6 Packet است) کافی نباشد، یک بسته (Packet) به ناچار تکه میشود تا توسط چندین Frame انتقال پیدا کند.
- MTU Mismatch در طول مسیر عمده ترین دلیل Fragmentation است.
- آیا خوب است؟ خیر!!! چرا؟
 - ممکن است سبب یک اشکال امنیتی بزرگ گردد.
 - سبب استفاده نامفید از منابع افزارهای شبکه و پهنای باند انتقال میشود.



تکه شدن بسته، Fragmentation

- چنانچه یکی از بسته های تکه شده گم شود، بایستی لایه بالاتر درخواست ارسال داده ها را به صورت کل بسته نماید که شدیداً باعث افت کیفیت است.
- تکه کردن و دوباره سرهم کردن بسته نسبتاً مشکل است.
- در IPv4 این عمل عموماً روی روترها انجام میپذیرد. و اما در مورد IPv6:
- حداقل میزان MTU برای بسته های IPv6 به اندازه ۱۲۸۰ بایت در نظر گرفته شده است. (در IPv4 این میزان ۶۸ بایت بود).
- برای Linkهایی که دارای MTU کمتر از 1280 بایت هستند، به صورت خاص Link-specific fragmentation and reassembly انجام میشود.



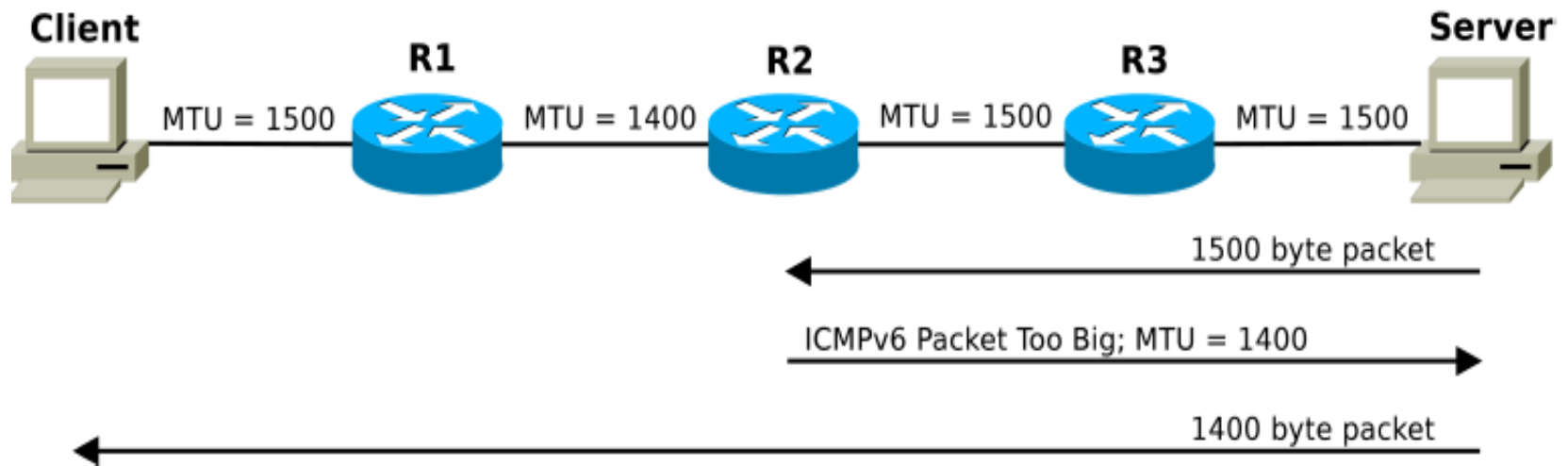
تکه شدن بسته، Fragmentation

- بیت DF یا Don't Fragment وجود ندارد.
- عمل تکه شدن فقط در مبدا میتواند انجام پذیرد. به این نحو که مبدا توسط PMTUD یا Path MTU Discovery حداکثر میزان قابل ارسال MTU را تشخیص میدهد. در برخی از پیاده سازی ها فرستنده فقط به اندازه 1280 بایت (یعنی به اندازه 1232 بایت Payload) بسته ها را میفرستد.
- مشکلات MTU عموماً بر روی تونل ها (tunnels) رخ میدهد.



PMTUD

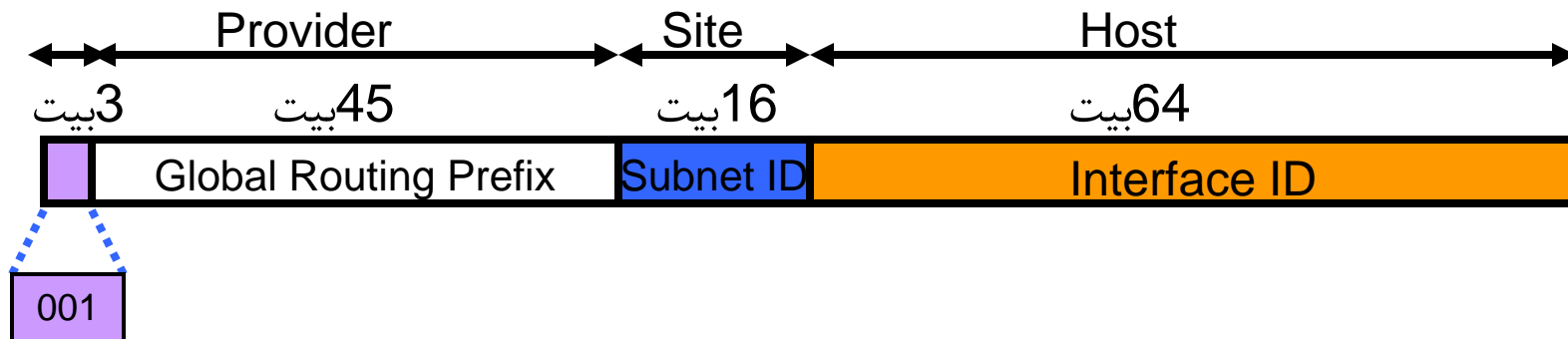
- روشی برای شناسایی حداقل MTU میباشد که در IPv4 نیز استفاده میشود.
- از طریق بسته های ICMPv6 انجام میپذیرد.



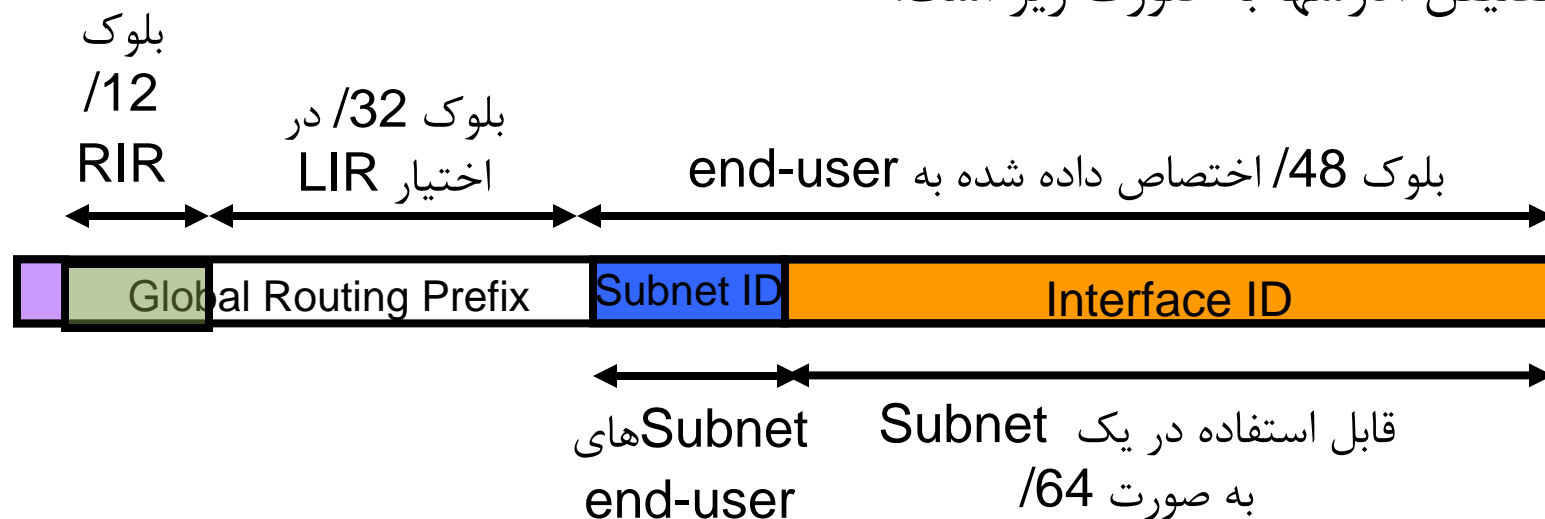


فرمت آدرسهای Unicast

- فرمت آدرسهای IPv6 به صورت کلی زیر است.



- تخصیص آدرسها به صورت زیر است:





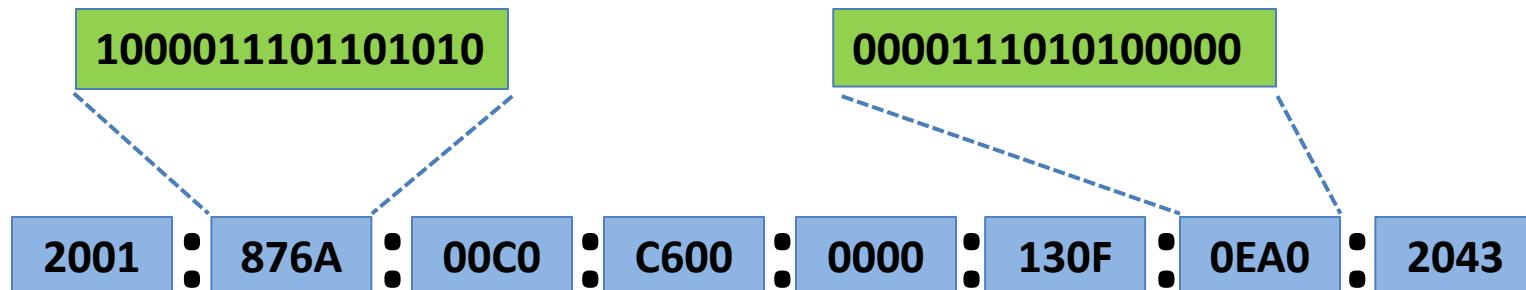
فرمت آدرسها و مقایسه با IPv4

- در آدرس دهی IPv4، با توجه به ۳۲ بیتی بودن فضای آدرس دهی 2^{32} آدرس در اختیار بود که برابر با ۴,۲۹۴,۹۶۷,۲۹۶ بود.
- در آدرس دهی IPv6 به تعداد 2^{128} آدرس یا 3.4×10^{38} یا 340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456 آدرس در اختیار داریم. به عبارت دیگر یعنی حدود 5×10^{28} آدرس برای هر فرد!
- بخش Interface ID به تعداد ۶۴ بیت فضای آدرس دهی دارد که این به معنی 2^{64} آدرس در بخش (Segment) شبکه است.



نمایش آدرسهای IPv6

- آدرسهای IPv6 به صورت ۸ بخش ۱۶ بیتی که با : (کولن) از هم جدا شده اند نمایش داده میشوند. هر بخش به صورت مبنای ۱۶ (Hexadecimal) نوشته میشود





نمایش آدرسهای IPv6

- برای ساده تر شدن چند قانون برای نوشتن آدرسها وجود دارد. مثلا در آدرس زیر :

2001 : 876A : 00C0 : C600 : 0000 : 130F : 0EA0 : 2043

- صفرهای ابتدای بخشها قابل حذف هستند:

2001 : 876A : C0 : C600 : 0 : 130F : EA0 : 2043

- یک رشته 0 پشت سر هم قابل حذف بوده و به صورت :: نوشته میشود:

2001 : 876A : C0 : C600 :: 130F : EA0 : 2043

- این عمل فقط یکبار در نوشتن یک آدرس قابل انجام است.



نمایش آدرسهای IPv6

- به عنوان مثال، کدامیک از موارد زیر برای نوشتن آدرس زیر صحیح است؟

2001 : 28B2 : 0000 : C600 : 0000 : 0000 : 00A0 : 2043

2001 : 28B2 :: C600 :: 2043

2001 : 28B2 :: C600 :: A0 : 2043

2001 : 28B2 :: C600 :0: A0 : 2043

2001 : 28B2 :0: C600 ::0: A0 : 2043

2001 : 28B2 :: C600 :0:0: A0 : 2043

2001 : 28B2 :0: C600 :: A0 : 2043



نمایش آدرسهای IPv6

- در برخی موارد دو فیلد آخر به صورت یک آدرس IPv4 نوشته میشوند، مثلاً:

0:0:0:0:0:0: 192.168.30.1

= ::192.168.30.1

= ::C0A8:1E01

- این آدرسها در حال حاضر به ندرت استفاده میشوند.



نمایش آدرسهای IPv6

- برای استفاده در Applicationها استاندارد RFC2732 مقرر داشته است که برای نمایش URLی که بخش Host آن به صورت IPv6 میباشد، از [] استفاده شود:

`http://[3ffe:a:b:c::1]:port/dir`

`http://[2001:23EA::F4E:12]:8080/my_directory/`

- این نحوه نگارش با Fully Qualified Domain Name (FQDN) سازگار است، لذا در بعضی از سیستم عاملها، برای اینکه بتوان از این نحوه نمایش سود جست میبایست DNS با IPv6 سازگاری داشته باشد.



نمایش آدرسهای IPv6

- نمایش به صورت Netmask حذف شده است.
- به صورت Prefix نمایش داده میشود. Prefix تعداد بیت‌های بخش Network است که با استفاده از / پس از آدرس نوشته میشود. این روش کاملاً مشابه نوشتن آدرسهای IPv4 به صورت classless میباشد:
- 3ea2:42bb::123/64
- Network portion: 3ea2:42bb::
- Interface Identifier (Host Portion): ::123



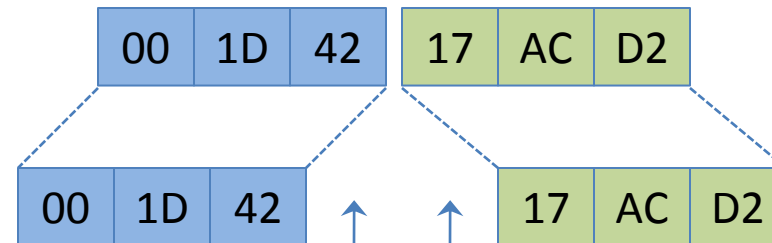
Interface ID

- بخش ۶۴ بیتی پایین آدرس Interface ID نامیده میشود که معرف Host مورد نظر بوده و میتواند به روشهای زیر مشخص گردد:
 - تنظیم دستی (Manual)
 - اختصاص توسط DHCPv6
 - یک عدد تصادفی که کاملاً به صورت خودکار تولید شده است.
 - توسط مکانیزم EUI-64 به صورت خودکار تولید میشود.
 - مکانیزم تولید خودکار اعداد به صورت رمزی (Cryptographical)



فرمت تبدیل EUI-64

آدرس MAC اترنت، ۴۸ بیتی →



با اضافه نمودن FFFE آنرا ۶۴ بیتی →

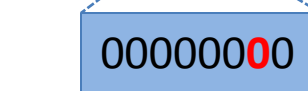


میکنیم.



بیت هفتم از سمت چپ را معکوس

می کنیم.





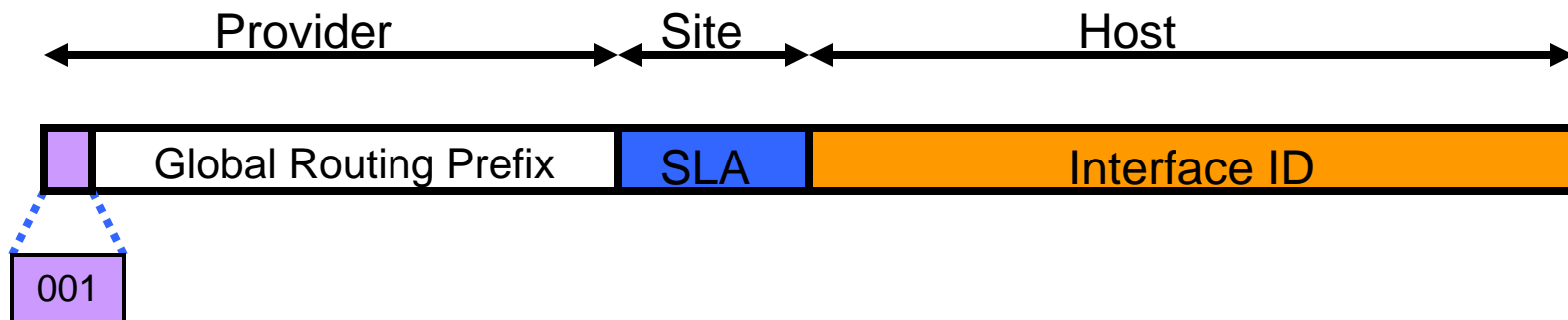
آدرسهای Unicast

- آدرسهای Unicast را به گروههای زیر میتوان تقسیم کرد:

– آدرسهای **Aggregatable Global Unicast Address**: آدرسهای عمومی

که توزیع شده و در حال استفاده هستند. ۳ بیت اول آنها به صورت 001 میباشد و این بدین معنی است که این آدرسها زیرمجموعه ای از این رنج

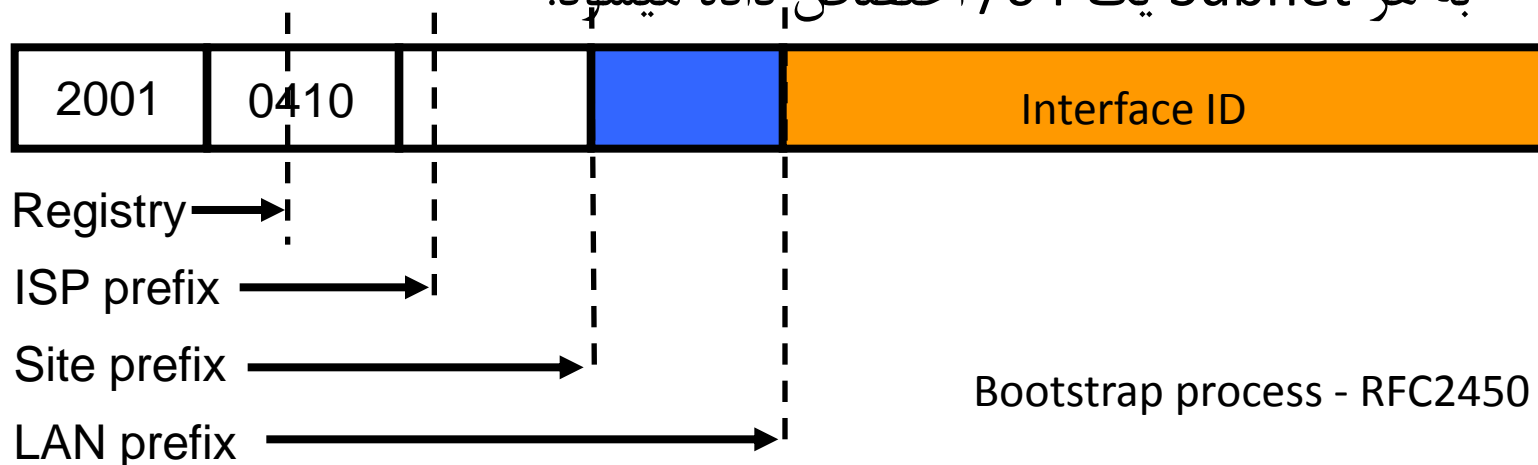
آدرسها هستند: $2xxx::/4$ و $3xxx::/4$ یا به صورت خلاصه تر: $2xxx::/3$





اختصاص آدرسها

- آدرسهای عمومی IPv6 بر اساس RFC2450 به صورت زیر اختصاص داده میشوند:
 - هر Registry یک بلوک /23 از IANA دریافت میکند.
 - هر ISP یک بلوک /32 از Registry دریافت میکند. (قبلا به صورت /35 بود)
 - هر ISP به مشتری خود یک /48 اختصاص میدهد. (و یا یک /64)
 - به هر Subnet یک /64 اختصاص داده میشود.

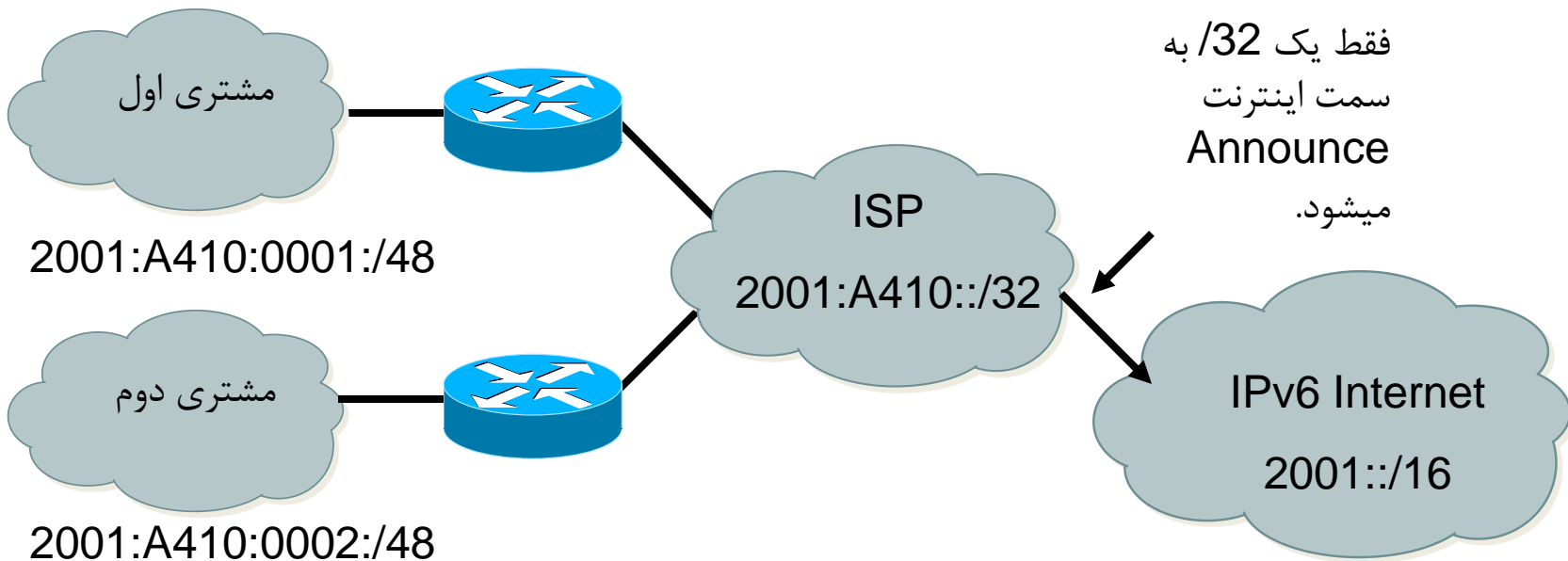


Bootstrap process - RFC2450



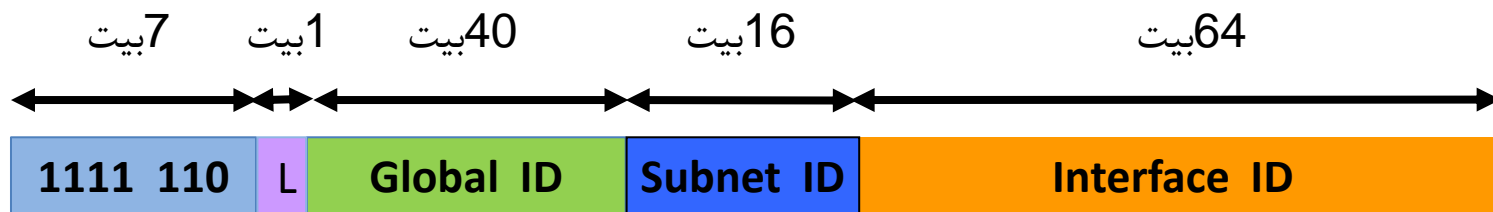
Aggregation

- به واسطه این دسته بندی و همچنین میزان بالای آدرسها جدول مسیریابی (Routing Table) مسیریابهای اینترنت کوچک خواهد شد.





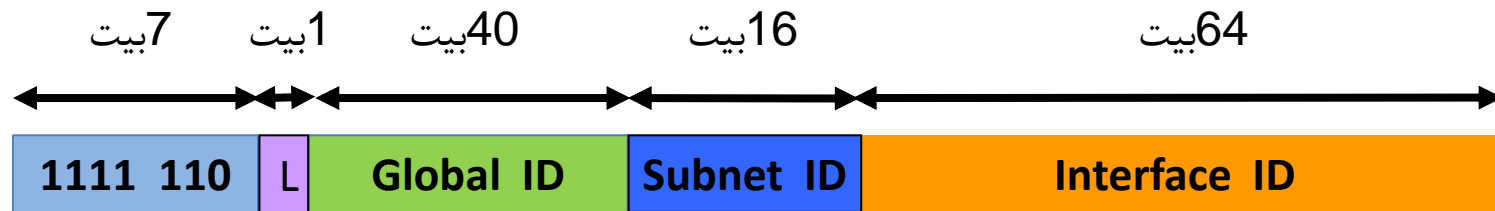
آدرسهای ULA



- بر اساس RFC4193 آدرس دهی Unique Local Addressing برای ارتباطات داخلی و VPN های داخلی استفاده میشود. این آدرسها بر روی اینترنت مسیریابی نمیشوند و عملکرد آنها شبیه آدرسهای Private IPv4 است.
- نسبت به آدرسهای Private IPv4 برای مدیریت ترافیک (از جمله فیلتر کردن) ساده تر هستند.



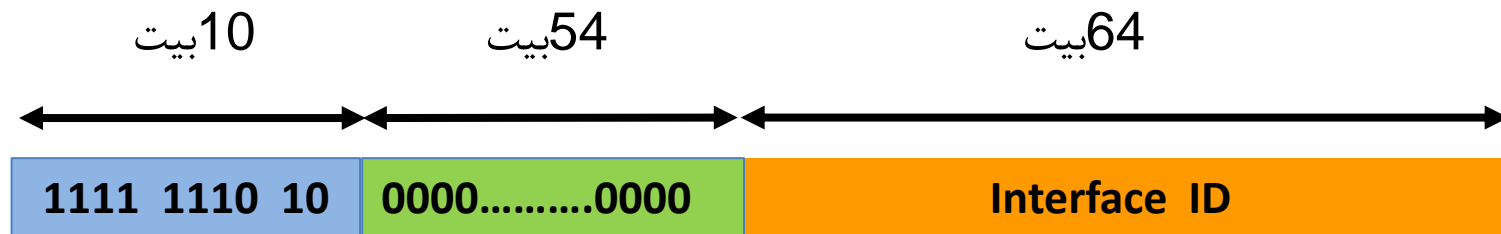
آدرسهای ULA



- به صورت $FC00::/7$ هستند.
- بر اساس استاندارد، چنانچه بیت L برابر با یک باشد، معرف آنست که این آدرس(ها) به صورت محلی اختصاص یافته اند. مقدار $L=0$ برای استفاده آتی رزرو شده است.
- Global ID مشخص کننده Prefix آدرس به صورت عمومی است.
- Subnet ID مشخص کننده یک Subnet در یک Site است.
- Global ID عموماً توسط یک الگوریتم تولید تصادفی (Pseudo-Random Algorithm) تولید میشود.



آدرسهای Link Local



- به صورت خودکار به یک اتصال (Link) اختصاص می یابند.
- فقط در حوزه همان Link معتبر هستند و Route نمیشوند.
- مشابه این آدرسها در IPv4، آدرسهای 169.254.0.0/16 هستند.
- همانطور که مشخص است به صورت FE80::/10 میباشند.
- دو وظیفه عمده آنها: Neighbor Discovery و Auto-Configuration میباشد.



سایر آدرسهای Unicast

– آدرسهای Site Local: بیت های اول آنها به صورت 1111 1110 11 است.
تعریف آدرسهای Site Local منقضی شده است. (این آدرسها حالت خاصی از آدرسهای ULA هستند)

– 0000::

- Unspecified آدرس ::/128
- Loopback آدرس ::1/128
- IPv4 Mapped آدرسهای ::FFFF/96 (استفاده و تعریف منقضی شده)