

IP addressing and Subnetting

Learning outcome

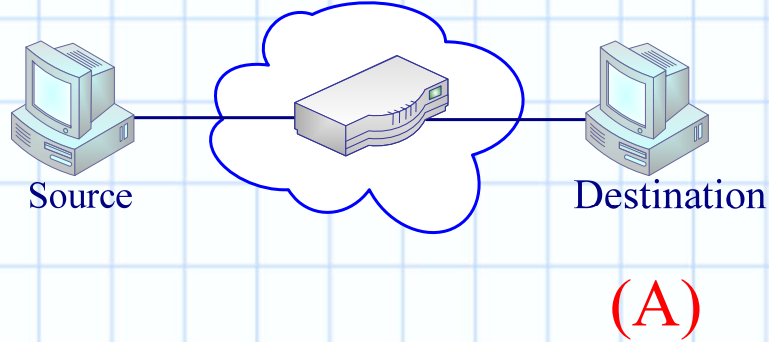
- ❖ فهم ضرورة استخدام العناوين المنطقية
- ❖ التعرف على العنوان IPv4
- ❖ التمييز بين العناوين الخاصة والعناوين العامة وضرورة استخدام كل منها
- ❖ التعرف على بنية العناوين المستخدمة في النسخة الرابعة والنسخة السادسة ومعرفة آليات العنوان في كل منها
- ❖ المقارنة بين العنوان IPv4 و IPv6.
- ❖ معرفة ضرورات تجزئة الشبكات وآليات التجزئة
- ❖ التعرف على آلية عمل بروتوكول ترجمة العناوين الشبكية NAT.
- ❖ التعرف على كيفية إدارة فضاء العناوين عالمياً.

IP Addressing

- ❖ يحتاج كل جهاز يتم وصله إلى شبكة تعمل وفق النية التطبيقية TCP/IP إلى عنوان IP محدد.
- ❖ تحتوي ترويسة كل رزمة من رزم الطبقة الثالثة إلى تحديد عنوان IP لكل من المصدر والوجهة.
- ❖ يتم استخدام فضائي عناوين، فضاء العناوين IPv4 الذي يتحدد ب ٣٢ بيت وفضاء العناوين IPv6 الذي يتحدد ب ١٢٨ بيت.

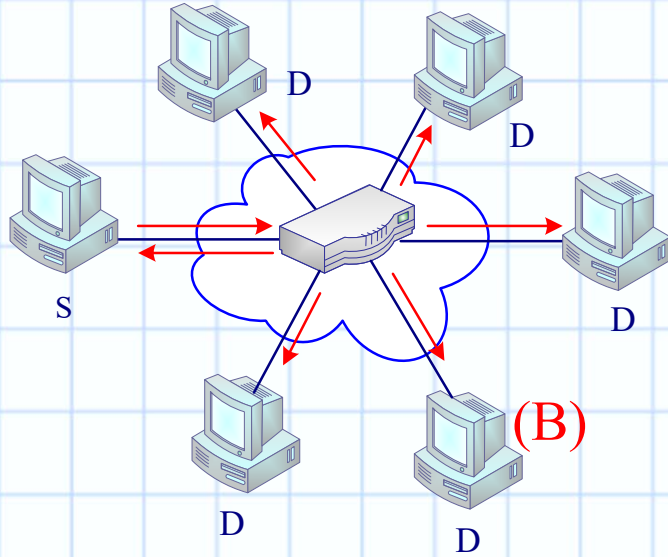
لا بد من تخصيص كل مضيف على الشبكة وكل منفذ فيزيائي للموجه بعنوان IP مختلف.

أنواع العناوين



(A) Unicast address:

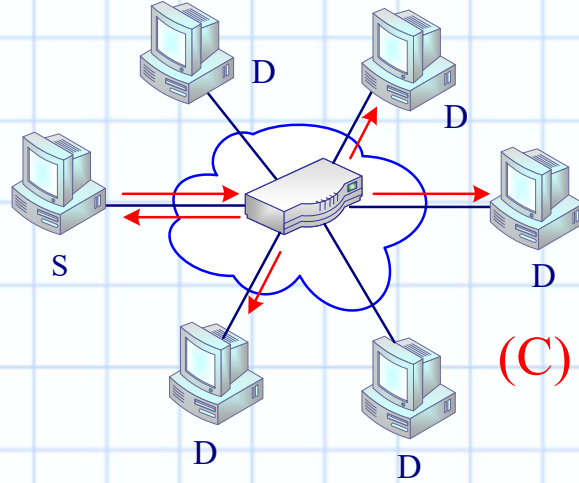
يصف عنوان جهة واحدة يتم إيصال الرزم إليها



(A) Broadcast address:

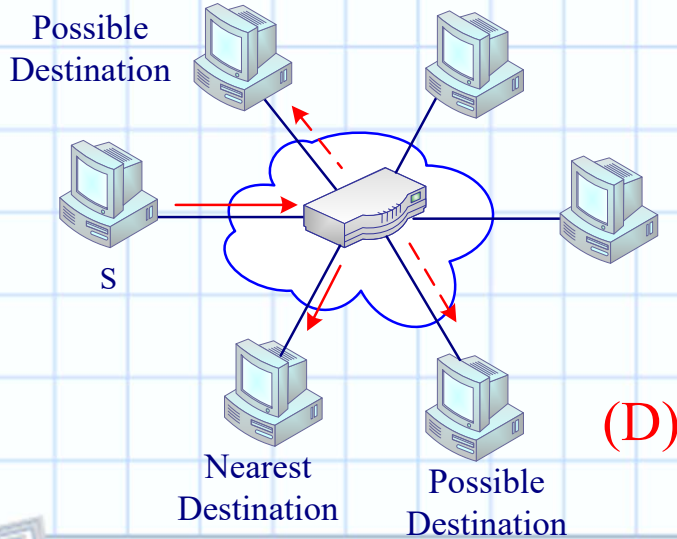
يصف العنوان الذي يستخدم لإيصال الرزم إلى كل المضيفين على الشبكة المعنية وهذا العنوان غير مستخدم في النسخة السادة IPv6 حيث يستعاض عنه بالعنوان متعدد البث.

Types of Addresses



(C) Multicast:

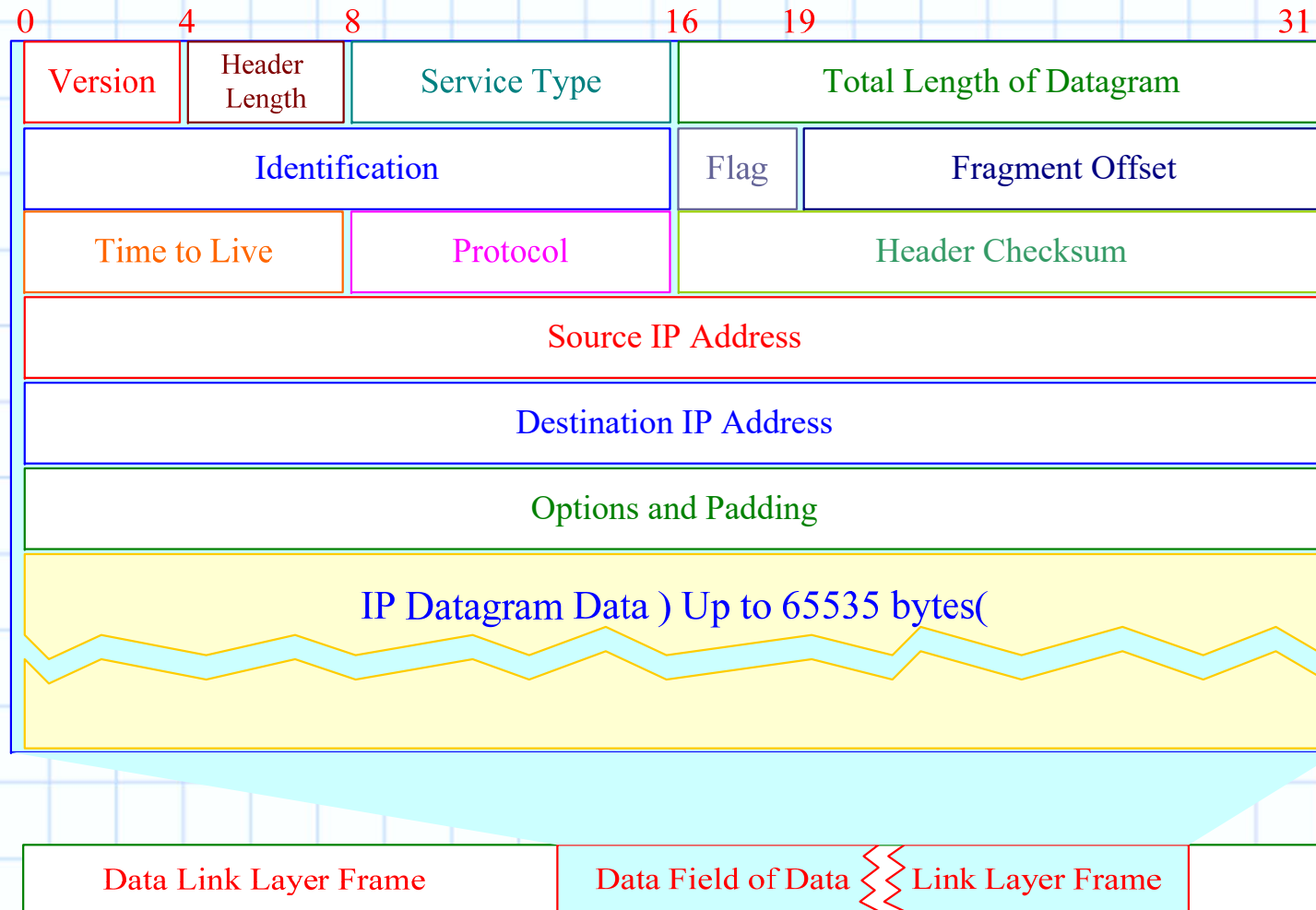
عنوان متعدد البث: يستخدم لإيصال الرزم إلى مجموعة من المضيفين في الشبكة المعنية



(D) Anycast:

يتم تخصيص هذا العنوان في النسخة السادسة IPv6 حيث يمكن تخصيص أكثر من جهاز بنفس العنوان من هذا النوع. هناك إمكانية في النسخة السادسة لتخصيص كل جهاز بأكثر من عنوان فقد يخصص بعنوان Unicast و Multicast و Anycast في نفس الوقت. يتم إرسال الرزم إلى أقرب جهاز له هذا العنوان.

IP v4 Data Unit



Example 1

Change the following IPv4 addresses from binary notation to dotted-decimal notation.

- a. 10000001 00001011 00001011 11101111
b. 11000001 10000011 00011011 11111111

Solution

We replace each group of 8 bits with its equivalent decimal number (see Appendix B) and add dots for separation.

- a. 129.11.11.239
b. 193.131.27.255

Example 2

Change the following IPv4 addresses from dotted-decimal notation to binary notation.

a. 111.56.45.78

b. 221.34.7.82

Solution

We replace each decimal number with its binary equivalent (see Appendix B).

a. 01101111 00111000 00101101 01001110

b. 11011101 00100010 00000111 01010010

Example 3

Find the error, if any, in the following IPv4 addresses.

- a. 111.56.045.78
- b. 221.34.7.8.20
- c. 75.45.301.14
- d. 11100010.23.14.67

Solution

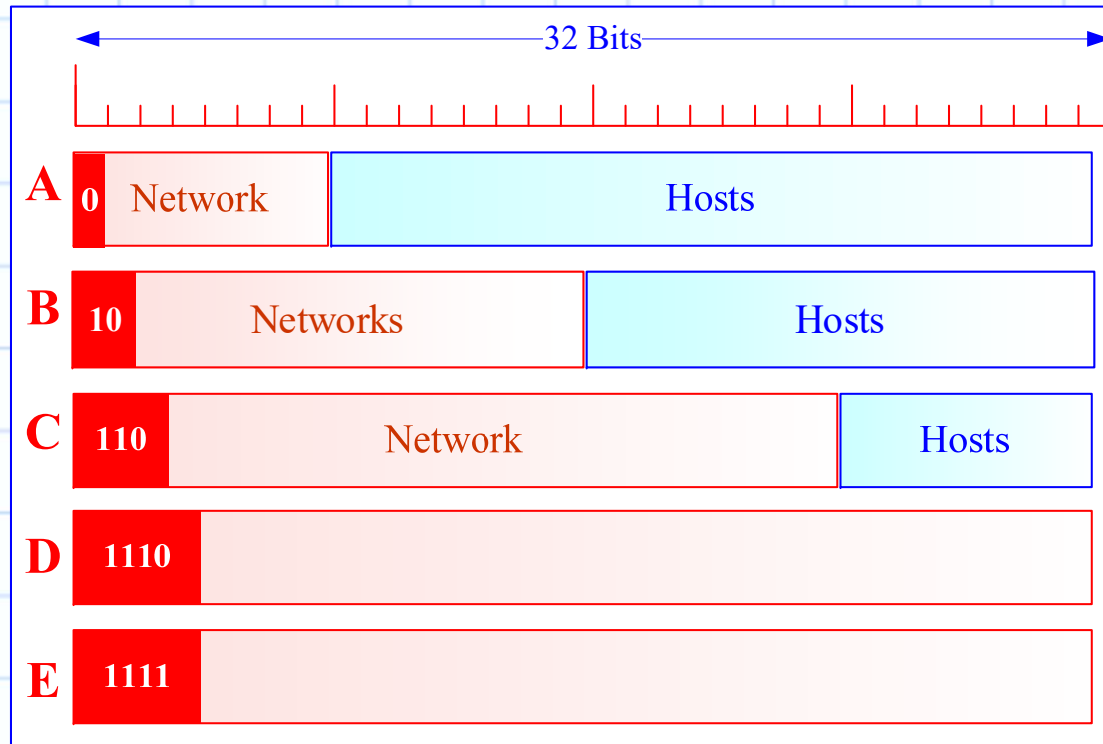
- a. *There must be no leading zero (045).*
- b. *There can be no more than four numbers.*
- c. *Each number needs to be less than or equal to 255.*
- d. *A mixture of binary notation and dotted-decimal notation is not allowed.*

كيفية توزيع العناوين IPv4

العنونة الصفية Classful:

- ❖ تم توزيع العناوين في هذا النوع من العنونة بناء على حجم الشبكة.
- للشبكات قليلة العدد و التي تحتوي على عدد كبير من الأجهزة Class A.
- للشبكات المتوسطة العدد و الحجم Class B.
- للشبكات كثيرة العدد و التي تحتوي على عدد قليل من الأجهزة Class C.
- ❖ كما تم تخصيص كتلة من العناوين من أجل الاستخدام متعدد البث Class D Multicast.
- ❖ وتم تخصيص جزء ليبقى دون استخدام عام حيث ينحصر استخدامه في الأبحاث Class E.

Classful IP Address Formats



| Possible First Octet | Used For |
|----------------------|--------------------------|
| 1~126 | Very large networks |
| 128~191 | Medium to large networks |
| 192~223 | Small networks |
| 224~239 | Multicasting |
| 240~255 | Reserved |

11011000 . 11010101 . 00101000 . 00011101

216 . 213 . 40 . 29

العنونة الصفية Classful

❖ Class A

❖ ويحتوي ١٢٧ شبكة. وهذا الصنف يستخدم عندما نريد عدد كثير من المستخدمين وعدد قليل من الشبكات عند انشاء الشبكة لأنه يحجز أول بايت للشبكة والباقي للمستخدمين ويجب ان يبدأ أول بت في البايت الأول بـ 0

❖ Class B

❖ وهذا الصنف يستخدم عندما نريد عدد مستخدمين موازي لعدد الشبكات عند انشاء الشبكة لأنه يحجز أول وثاني بايت للشبكة والباقي للمستخدمين ويجب ان يبدأ أول ٢ بت في أول بايت بـ 10

❖ Class C

❖ هذا الصنف يستخدم عندما نريد عدد قليل من المستخدمين وعدد كثير من الشبكات عند انشاء الشبكة لأنه يحجز أول وثاني وثالث بايت للشبكة والباقي للمستخدمين ويجب ان يبدأ أول ثلاثة بتات في أول بايت بـ 110

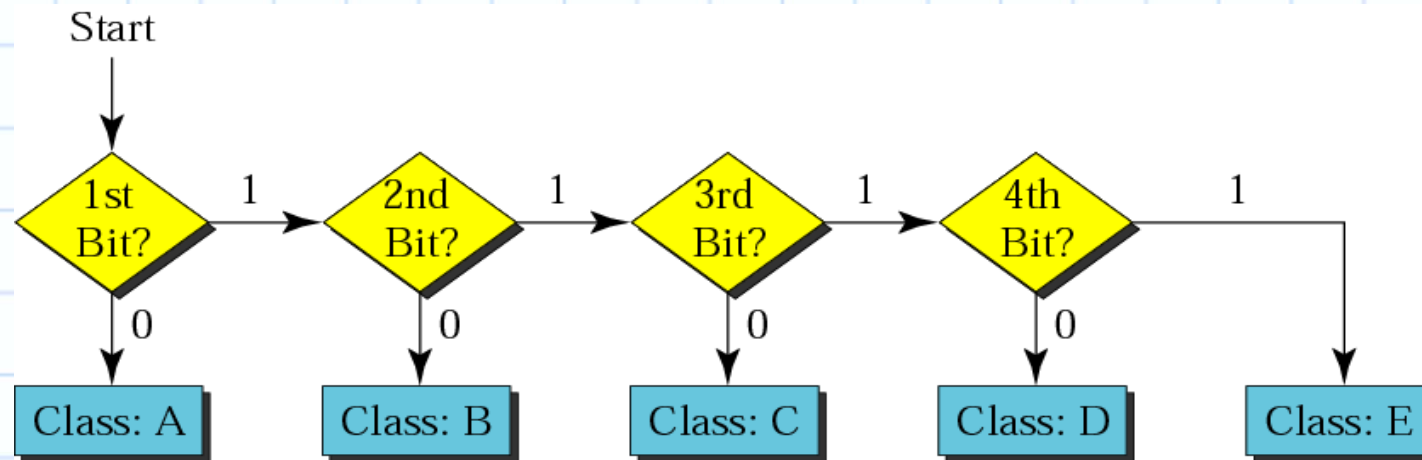
❖ Class D

❖ هذا النظام ليس لاستخدام الشبكات

❖ Class E

❖ محجوز للتجارب

خوارزمية تحديد صنف العنوان IPv4



هناك بعض العناوين التي لا يستطيع مدير الشبكة منحها للأجهزة أبدا رغم أنها قد تنتمي الى صف مسموح به كما يلي :

❖ العنوان (٠,٠,٠,٠) ويستخدم من قبل موجهات (Routers) شركة سيسكو (Cisco) للإشارة الى الوجهة الافتراضية عند التوجيه (default route).

❖ العنوان (٢٥٥,٢٥٥,٢٥٥,٢٥٥) ويسمى عنوان البث ويستخدم كعنوان هدف او مرسل اليه اذا كان الهدف الارسال الى كل الحاسبات في الشبكة الحالية.

❖ العنوان ١٢٧,٠,٠,١ لا يمكن منحه لأي جهاز و هو يستخدم تلقائياً من قبل الجهاز لغرض اختبار اتصاله بأن يقوم بإرسال حزمة من البيانات الى نفسه .

Dotted-Decimal Notation

10010110 • 00010101 • 00100010 • 00001111

150 • 21 • 34 • 15

❖ التدوين الثنائي Binary

➤ يجري هنا كتابة العنوان على شكل ٣٢ بت (أو أربعة بايتات) مثل :

❖ التدوين العشري المنقط Dotted-decimal Notation

➤ يفيد التدوين العشري في جعل العنوان أقل حجماً وأسهل للقراءة والحفظ.

➤ نكتب هنا كل بايت من البايتات الأربعة المكونة للعنوان بالشكل العشري مع إضافة نقطة بين البايتات

Example 4

Find the class of each address.

- a. 00000001 00001011 00001011 11101111
- b. 11000001 10000011 00011011 11111111
- c. 14.23.120.8
- d. 252.5.15.111

Solution

- a. The first bit is 0. This is a class A address.
- b. The first 2 bits are 1; the third bit is 0. This is a class C address.
- c. The first byte is 14; the class is A.
- d. The first byte is 252; the class is E.

توزيع عدد العناوين IPv4 وفقا للصفوف

| Class | Number of Blocks | Block Size | Unicast |
|-------|------------------|-------------|-----------|
| A | 128 | 16,777,216 | Unicast |
| B | 16,384 | 65,536 | Unicast |
| C | 2,097,152 | 256 | Unicast |
| D | 1 | 268,435,456 | Multicast |
| E | 1 | 268,435.456 | Reserved |

هناك ضياعات كبيرة في العناوين تنتج عن استخدام العنوان الصفية

IPv4 Addressing Scheme

❖ العنوان اللاصفية Classless:

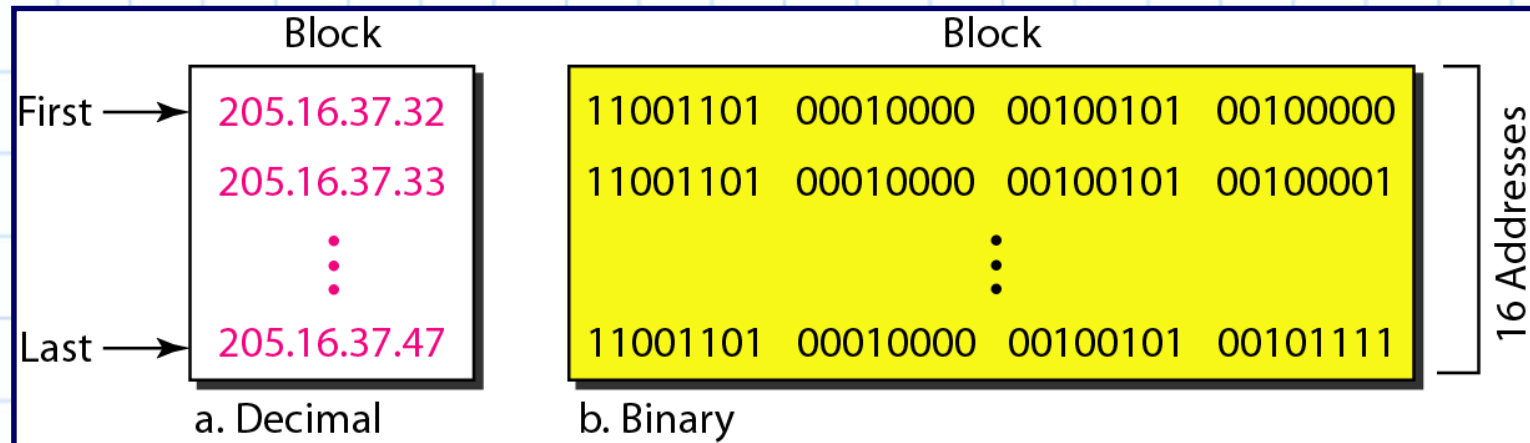
- تفيد العنوان اللاصفية بتجاوز القيود التي وضعتها العنوان الصفية وبالمقدرة على توزيع عدد أكبر من الكتل ومن العناوين
- لا توجد أية صفوف عنوان حيث تمنح العناوين عن طريق الكتل
- عندما تريد مؤسسة ما الاتصال بالإنترنت، فإنه يتم منحها كتلة (أو مجال) عناوين
- يتعلق حجم الكتلة بحجم المؤسسة وطبيعة عملها

القيود على استخدام العناوين اللاصفية

❖ لتسهيل عملية توزيع العناوين، تضع سلطات الإنترنت القيود التالية على كتل العناوين اللاصفية:

- يجب أن تكون العناوين ضمن الكتلة متسلسلة (أي كل عنوان يلي العنوان السابق).
- يجب أن يكون عدد عناوين كتلة ما من أس 2 (... , 8, 4, 2, 1).
- يجب أن يقبل العنوان الأول من الكتلة القسمة على عدد العناوين المخصصة.

A block of 16 addresses granted to a small organization



- لاحظ أنه تم الالتزام بالقيود الموضوعية بشكل كامل على تخصيص هذه الكتلة:
- العناوين متجاورة.
 - عدد العناوين ١٦ وهو ٢ مرفوع للأس ٤
 - أول عنوان يقبل القسمة على عدد العناوين.
- يشار إلى هذه الكتلة بالعنوان:

205.16.37.32/28

Example

A /28 block of addresses is granted to a small organization. We know that one of the addresses is 205.16.37.39. What is the first address in the block? What is its x.y.z.t/n representation?

Solution

The binary representation of the given address is

11001101 00010000 00100101 00100111

If we set 32–28 rightmost bits to 0, we get

11001101 00010000 00100101 00100000

or

205.16.37.32

The block representation is 205.16.37.32/28

Example

Find the last address for the block in The previous Example .

Solution

The binary representation of the given address is

11001101 00010000 00100101 00100111

If we set 32 – 28 rightmost bits to 1, we get

11001101 00010000 00100101 00101111

or

205.16.37.47

Another way to find the first address, the last address, and the number of addresses is to represent the mask as a 32-bit binary (or 8-digit hexadecimal) number. This is particularly useful when we are writing a program to find these pieces of information. The /28 can be represented as

11111111 11111111 11111111 11110000

(twenty-eight 1s and four 0s).

Find

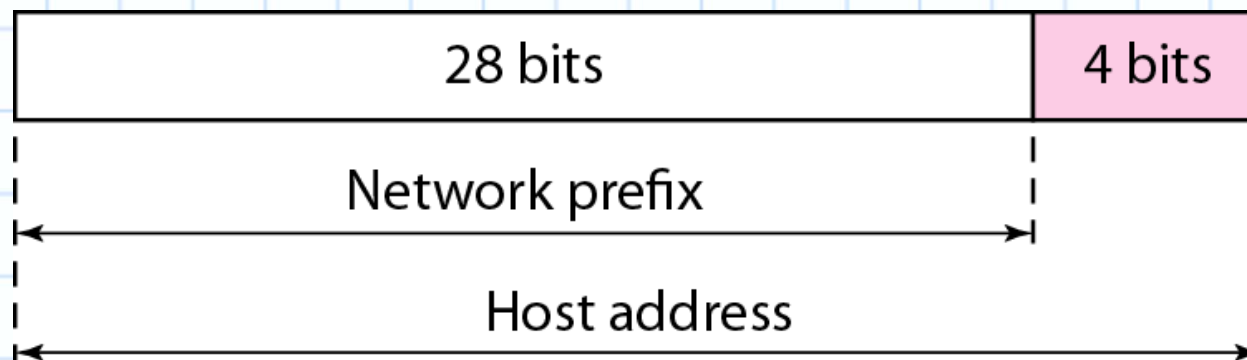
- The first address*
- The last address*

Hierarchy in IP addressing

❖ كل عنوان في الكتل يمثل بنية هرمية من مستويين:

➤ تمثل البتات اليسارية والتي يحدد القناع عددها (أي اللاحقة $/n$) محدد الشبكة.

➤ تمثل البتات اليمينية والتي يتحدد عددها بـ $(32-n)$ معرف المضيف



Example 1

❖ Find the range of addresses in the following blocks.

- 123.56.77.32/29
- 200.17.21.128/27
- 17.34.16.0/23
- 180.34.64.64/30

EXAMPLE 2

Which of the following can be the beginning address of a block that contains 16 addresses?

a. 205.16.37.32

b. 190.16.42.44

c. 17.17.33.80

d. 123.45.24.52

Solution

Only two are eligible (a and c). The address 205.16.37.32 is eligible because 32 is divisible by 16. The address 17.17.33.80 is eligible because 80 is divisible by 16.

EXAMPLE 3

Which of the following can be the beginning address of a block that contains 256 addresses?

a. 205.16.37.32

b. 190.16.42.0

c. 17.17.32.0

d. 123.45.24.52

Solution

In this case, the right-most byte must be 0. the IP addresses use base 256 arithmetic. When the right-most byte is 0, the total address is divisible by 256. Only two addresses are eligible (b and c).

EXAMPLE 4

Which of the following can be the beginning address of a block that contains 1024 addresses?

a. 205.16.37.32

b. 190.16.42.0

c. 17.17.32.0

d. 123.45.24.52

Solution

In this case, we need to check two bytes because $1024 = 4 \times 256$. The right-most byte must be divisible by 256. The second byte (from the right) must be divisible by 4. Only one address is eligible (c).

EXAMPLE 5 - FIND FIRST ADDRESS

What is the first address in the block if one of the addresses is 167.199.170.82/27?

Solution

Address in binary:

10100111 11000111 10101010 01010010

Keep the left 27 bits:

10100111 11000111 10101010 01000000

Result in CIDR notation: 167.199.170.64/27

EXAMPLE 6- 1ST ADDRESS USING BINARY

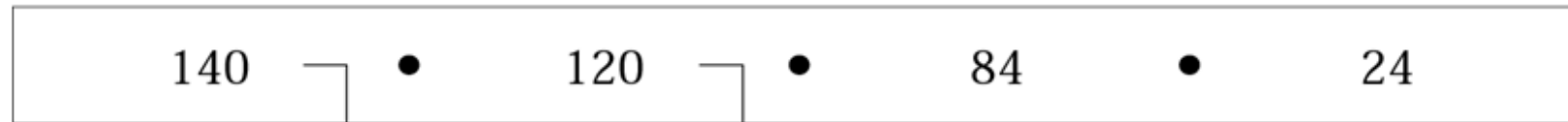
What is the first address in the block if one of the addresses is 140.120.84.24/20?

Solution

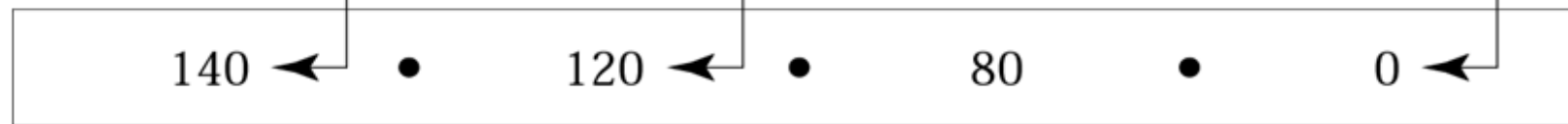
The first, second, and fourth bytes are easy; for the third byte we keep the bits corresponding to the number of 1s in that group. The first address is 140.120.80.0/20.

EXAMPLE 6- Solution

IP Address



/n



First Address

84

Keep left 4 bits

0 1 0 1 0 1 0 0

0 1 0 1 0 0 0 0

Result in decimal: 80

EXAMPLE 7 - NUMBER OF ADDRESSES

Find the number of addresses in the block if one of the addresses is 140.120.84.24/20.

Solution

The prefix length is 20. The number of addresses in the block is 2^{32-20} or 2^{12} or 4096. Note that this is a large block with 4096 addresses.

EXAMPLE 8 - FIND LAST ADDRESS

Find the last address in the block if one of the addresses is 140.120.84.24/20.

Solution

We found in the previous examples that the first address is 140.120.80.0/20 and the number of addresses is 4096. To find the last address, we need to add 4095 ($4096 - 1$) to the first address.

EXAMPLE 8 (Continued)

To keep the format in dotted-decimal notation, we need to represent 4095 in base 256 and do the calculation in base 256. We then add the first address to this number (in base 255) to obtain the last address as shown below:

$$\begin{array}{r}
 140 . 120 . 80 . 0 \\
 15 . 255 \\
 \hline
 140 . 120 . 95 . 255
 \end{array}$$

The last address is 140.120.95.255/20.

Alternate Method

Not crazy about base 256 arithmetic? Do it in binary. ❖

.80.0 in binary is 01010000.00000000 ❖

4095 in binary is 1111 11111111 ❖

Add the two values: ❖

```
01010000.00000000
      1111.11111111
01011111.11111111
```

EXAMPLE 10 - FIND THE BLOCK

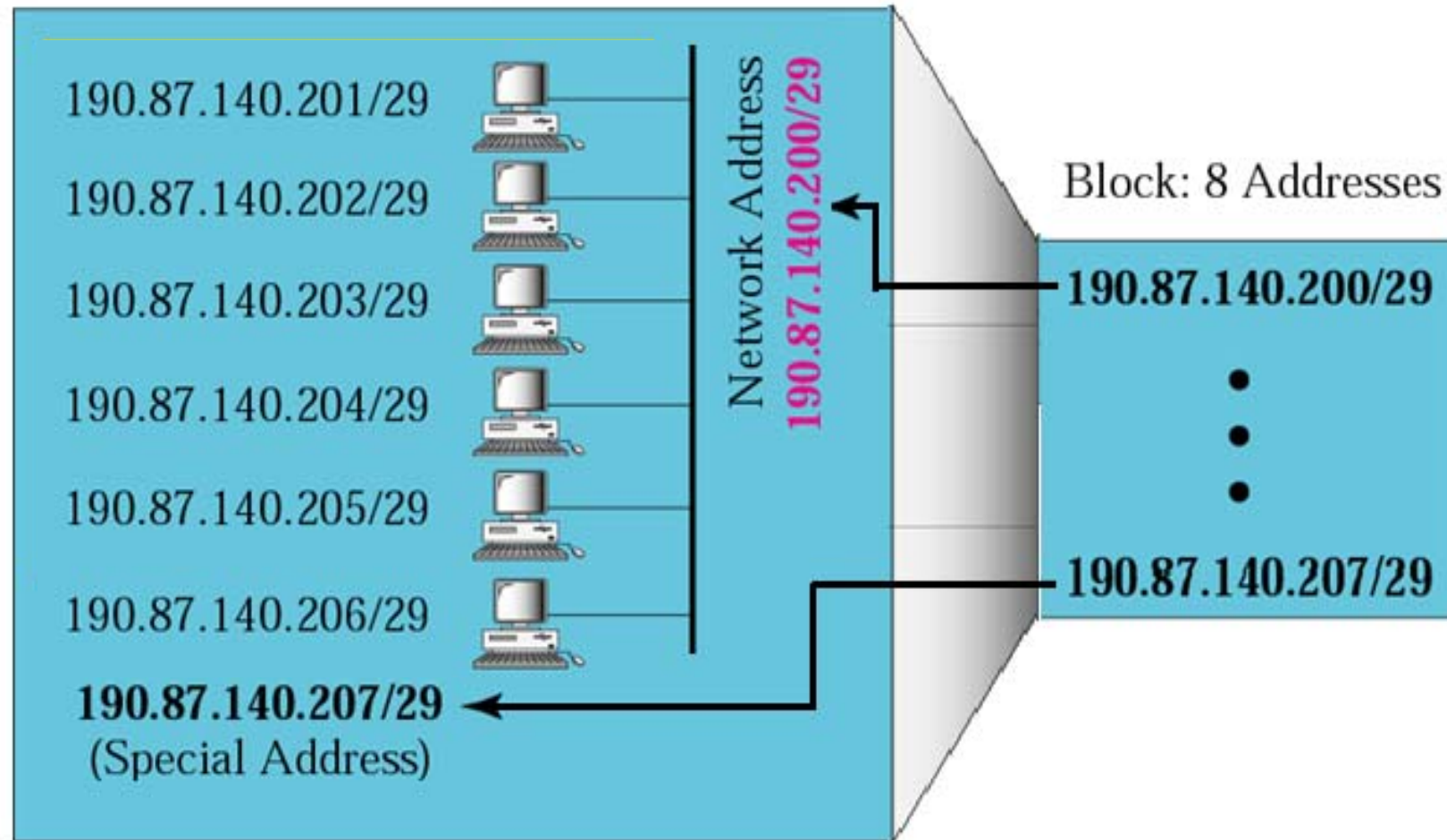
Find the block if one of the addresses is

190.87.140.202/29.

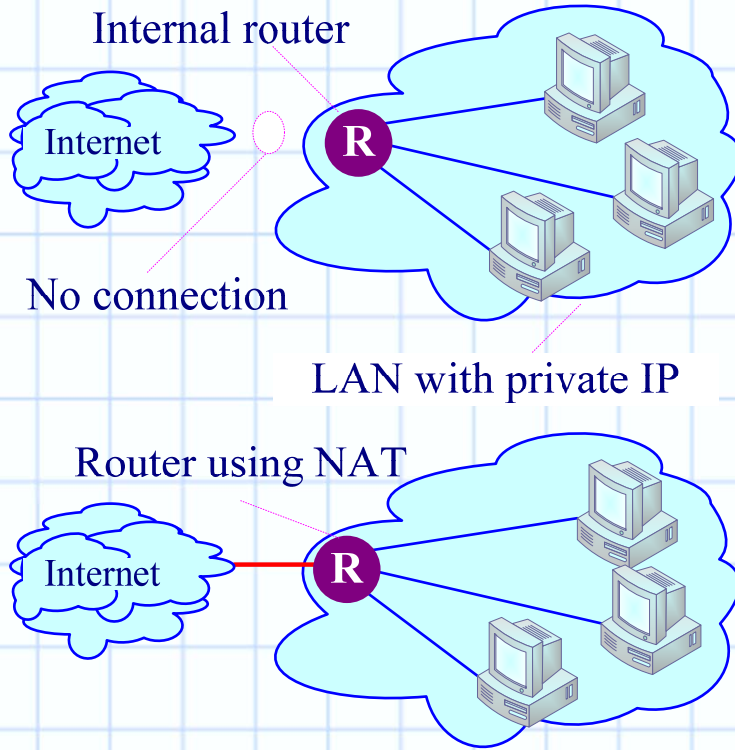
Solution

We follow the procedure in the previous examples to find the first address, the number of addresses, and the last address. To find the first address, we notice that the mask (/29) has five 1s in the last byte. So we write the last byte as powers of 2 and retain only the leftmost five as shown below:

Network Organization



Public and Private Addresses العناوين العامة والخاصة



- ❖ تحتاج كل عقدة موصولة إلى الانترنت إلى عنوان IP من النوع العام.
- ❖ عندما لا تكون الشبكة موصولة إلى الانترنت فيمكن أن تستخدم فيها أي عنوان تشاء.
- ❖ عندما تكون الشبكة موصولة إلى الانترنت فيجب التقيد بطريقة تخصيص العناوين بشكل دقيق. حيث يوجد نوعين من العناوين، عناوين عامة تستخدم للتوجيه في الإنترنت. وعناوين خاصة تستخدم للتوجيه في الشبكات الخاصة.

العناوين العامة والخاصة Public and Private Addresses

public addresses ➤

- يتم تخصيصها من قبل Internet Assigned Numbers Authority (IANA)
- هي عناوين من شبكات موزعة على أساس العنوانية الصفية consist of class-based network IDs
- هي عناوين لا يمكن أن تتكرر في الشبكة.

private addresses. ➤

- هي عناوين يمكن للمالك تخصيصها بنفسه من فضاء عناوين محدد ضمن شبكته، ويحتاج في هذه الحالة إلى عدد من العناوين العامة ليتمكن مشترك شبكته من الدخول إلى الانترنت، حيث يتم تخصيص العناوين العامة لمستخدمي العناوين الخاصة بشكل ديناميكي حسب الحاجة باستخدام بروتوكول مترجم العناوين NAT والذي يتم تثبيته في الموجهات الطرفية أو في خدمات الوكيل proxies أو في أجهزة جدران الحماية firewalls

فضاء العناوين الخاصة Private address space

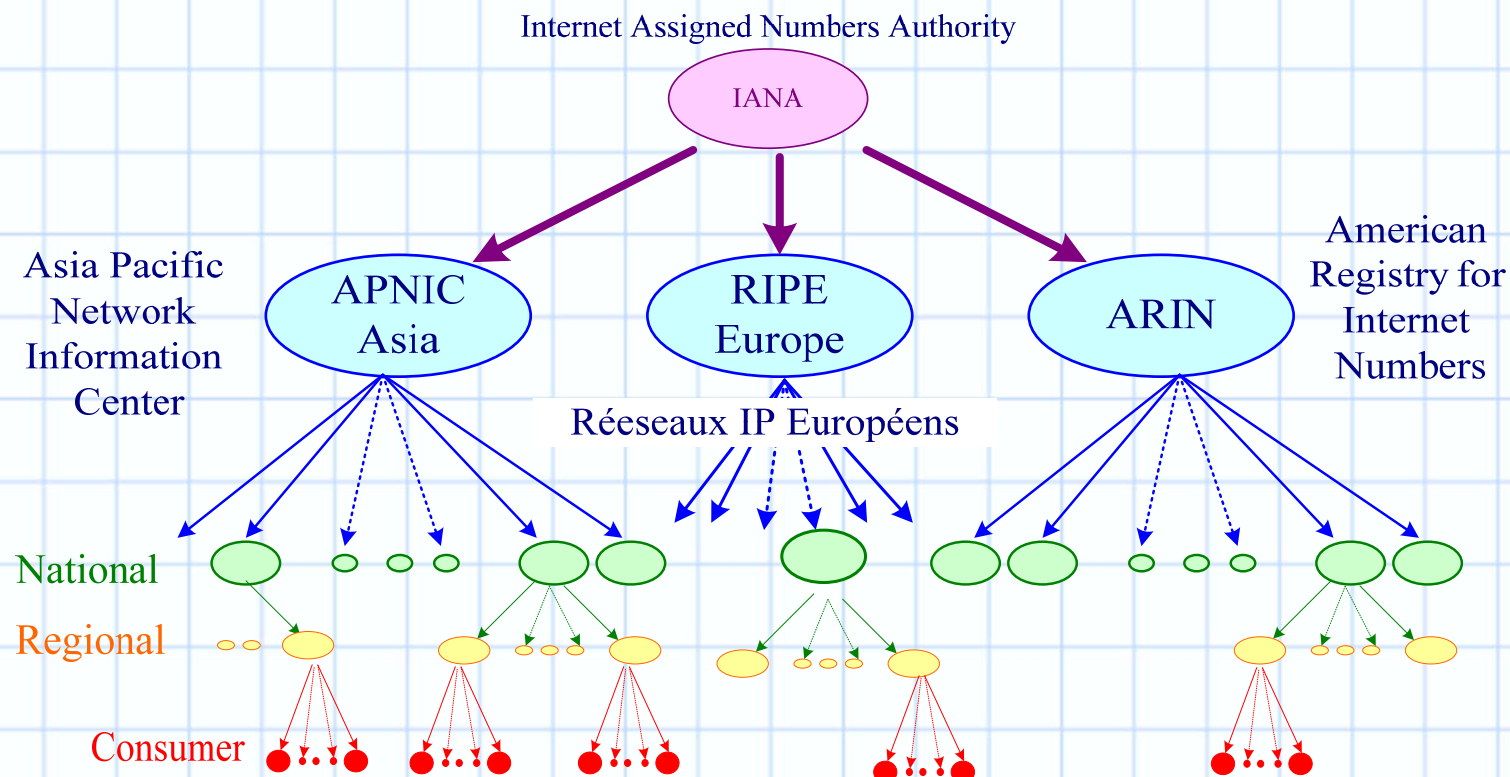
| | | |
|------------|---------------|----------------|
| A | B | C |
| 10.0.0.0/8 | 172.16.0.0/12 | 192.168.0.0/16 |

| Address Range | Subnet | total |
|--------------------------------|----------------|----------|
| 10.0.0.0 to 10.255.255.255 | 10.0.0.0/8 | 2^{24} |
| 172.16.0.0 to 172.31.255.255 | 172.16.0.0/12 | 2^{20} |
| 192.168.0.0 to 192.168.255.255 | 192.168.0.0/16 | 2^{16} |

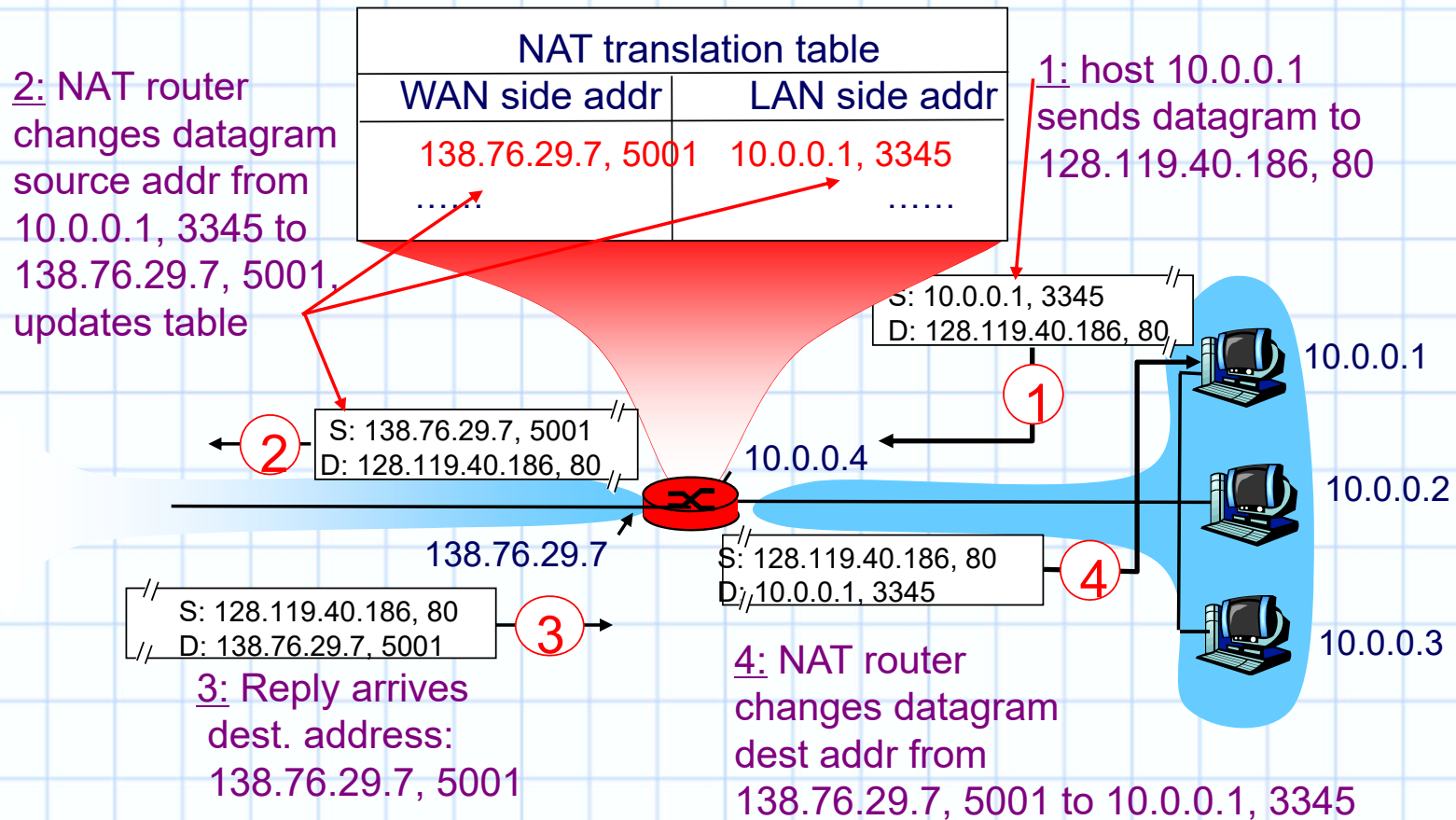
➤ لا يجوز بأي حال استخدام أي من هذه العناوين كعنوان عام في الانترنت حيث سيتم إهمال الرزم التي تحمل عناوين خاصة خارج مجال شبكتها الخاصة.
ألم تلاحظ العناوين الخاصة التي تستخدمها في الموجهات المنزلية المستخدمة مع خطوط ADSL مثلاً:

192.168.1.0/24 or 192.168.0.0/24 IP block

Managing the Address Space



NAT: Network Address Translation



Five-column translation table

| <i>Private Address</i> | <i>Private Port</i> | <i>External Address</i> | <i>External Port</i> | <i>Transport Protocol</i> |
|------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|
| 172.18.3.1 | 1400 | 25.8.3.2 | 80 | TCP |
| 172.18.3.2 | 1401 | 25.8.3.2 | 80 | TCP |
| ... | ... | ... | ... | ... |

Network Address Translation (NAT)

- ❖ NAT map local addresses into publicly visible addresses.
- ❖ Only a few of the hosts in the private network will be attached to the Internet at any time.
- ❖ All requests that pass through the firewall have their addresses translated on the way to the private network.
- ❖ All responses returned to the unsecured public network have their addresses translated back on the way out of the private network.
- ❖ Implementing NAT involves creating and configuring a NAT table containing the private/public address mappings.
- ❖ Mappings can be statically created or dynamically generated from a specified pool of IP addresses (either randomly or, more often, on a round-robin basis).

Automatic IP address allocation

- ❖ There are three automatic ways of getting an IP address into a network device.
- ❖ DHCP is found in Windows NT and Novell Netware
- ❖ BOOTP and RARP are typically used in UNIX systems.
- ❖ NIC should be able to specify which IP address method it will use first, so it might use DHCP first, then fall back to BOOTP, etc...
- ❖ If we do not use one of these automatic procedures, you must manually allocate an IP address to the device.

How many addresses in IPv6?

❖ IPv6 Addresses:

➤ $2^{128} = 340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456 \approx 3.4 \times 10^{38}$

❖ Surface area of Earth: 510,072,000 km²

❖ Size of Atom: 10⁻¹⁰ m = 0.1 nm = 1 Angstrom (Å)

❖ "Area of Atom": 1 square angstrom (Å²) = 10⁻²⁰ m²

❖ Number of atoms on Earth's surface: $510,072,000 \text{ km}^2 / 10^{-20} \text{ m}^2 = 5.1 \times 10^{31}$

❖ Number of IPv6 addresses for each atom on the surface of the Earth: ~ 6.7 million.



الشكل العام للعناوين IPv6



- ❖ بادئة توجيه عام Global routing prefix: تحدد طبيعة العنوان (متعدد بث، مخصص لكتلة ما،.....)
- ❖ محدد الشبكة الجزئية Subnet ID: ويحدد الشبكة الجزئية التي ينتمي إليها العنوان ضمن الكتلة الأساسية.
- ❖ محدد واجهة التوصيل Interface ID: ويحدد واجهة التوصيل الوحيدة المرتبطة بهذا العنوان.

| Leading Bits | Fraction of Total IPv6 Address Space | Allocation |
|--------------|--------------------------------------|---|
| 0000 0000 | 1/256 | Unassigned (Includes <u>special addresses</u> such as the Unspecified and Loopback addresses) |
| 0000 0001 | 1/256 | Unassigned |
| 0000 001 | 1/128 | Reserved for NSAP Address Allocation |
| 0000 01 | 1/64 | Unassigned |
| 0000 1 | 1/32 | Unassigned |
| 0001 | 1/16 | Unassigned |
| 001 | 1/8 | Global Unicast Addresses |
| 010 | 1/8 | Unassigned |
| 011 | 1/8 | Unassigned |

| Leading Bits | Fraction of Total IPv6 Address Space | Allocation |
|--------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 100 | 1/8 | Unassigned |
| 101 | 1/8 | Unassigned |
| 110 | 1/8 | Unassigned |
| 1110 | 1/16 | Unassigned |
| 1111 0 | 1/32 | Unassigned |
| 1111 10 | 1/64 | Unassigned |
| 1111 110 | 1/128 | Unassigned |
| 1111 1110 0 | 1/512 | Unassigned |
| 1111 1110 10 | 1/1024 | <u>Link-Local Unicast Addresses</u> |
| 1111 1110 11 | 1/1024 | <u>Site-Local Unicast Addresses</u> |
| 1111 1111 | 1/256 | Multicast Addresses |

طرق التعبير عن العنوان IPv6

❖ يتم بشكل أساسي التعبير عن العنوان من هذا النوع باستخدام ثمانية حقول يفصل بين كل منها وجاره بنقطتين، وكل منها يتم تمثيله بأربع خانات سداسي عشرية.

XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX

2001:0250:02FF:0210:0250:8BFF:FEDE:67C8

❖ يمكن الاستغناء عن كتابة الأصفار السابقة في كل حقل

2001:250:2FF:210:250:8BFF: FEDE:67C8

Types of Address Inscription

❖ يمكن التعبير عن حقل صفري أو مجموعة حقول صفرية متجاورة بنقطين مضاعفتين

FEDC: 0000:0000:0000:00DC:0000:7076:0010

FEDC:: DC:0:7076:10

❖ يسمح باستخدام التوجيه المجالي اللاصفي Classless Interdomain Routing

FDEC::BBFF:0:FFFF/60

Types of Address Inscription

❖ يسمح بلصق العنوان IPv4 في نهايته من أجل دمج الشبكات التي تستخدم هذه العناوين في الشبكات التي تستخدم العنونة IPv6.

FEDC:BA98:7654:3210:FEDC:BA98:7654:3210

FEDC:BA98:7654:3210:FEDC:BA98:118.84.50.16

❖ يسمح بالعناوين التي تتشكل من أصفار أو من واحدات بكليتها