



## Chapter 4

# Network Layer: Logical Addressing

طبقة الشبكة:  
معالجة منطقية

# 19-1 IPv4 ADDRESSES

## IPv4 عناوين

*An **IPv4 (Internet Protocol version 4) address** is a **32-bit** address that uniquely and universally defines the connection of a device (for example, a computer or a router) to the Internet.*

بروتوكول الإنترنت الإصدار ٤) هو عنوان ٣٢ بت يعرف بشكل (IPv4 عنوان فريد وعالمي اتصال جهاز (على سبيل المثال ، جهاز كمبيوتر أو جهاز توجيه) بالإنترنت.

### مواضيع القسم: Topics discussed in this section:

Address Space

Notations

Classful Addressing

Classless Addressing

Network Address Translation (NAT)

عنوان إشعارات الفضاء

معالجة متميزة

معالجة بدون علامات

(NAT) ترجمة عنوان الشبكة



*Note*

ملاحظة

**An IPv4 address is 32 bits long.**

هو ٣٢ بت. IPv4 عنوان



**Note**

ملاحظة

**The IPv4 addresses are unique  
and universal.**

**IPv4 عناوين  
فريدة وعالمية.**

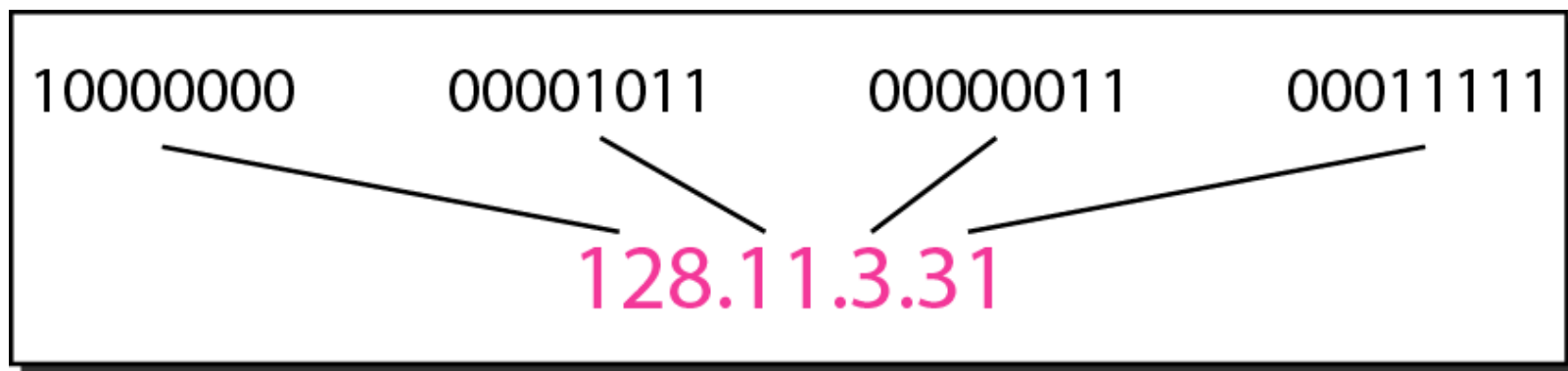


**Note** ملاحظة

**The address space of IPv4 is  
 $2^{32}$  or 4,294,967,296.**

هي ٢٣٢ أو ٢٩٢٩٦٧٦٧٦ مساحة عنوان IPv4

**Figure 19.1** *Dotted-decimal notation and binary notation for an IPv4 address*  
الـ IPv4 التدرج العشري والمنقط الثنائي لعنوان





**Note**

ملاحظة

**Numbering systems are reviewed in  
Appendix B.**

تتم مراجعة أنظمة الترقيم في الملحق ب.

## مثال 19.1 Example 19.1

*Change the following IPv4 addresses from binary notation to dotted-decimal notation. قم بتغيير عناوين IPv4 التالية من التدوين الثنائي إلى الترقيم العشري المنقط.*

a. 10000001 00001011 00001011 11101111

b. 11000001 10000011 00011011 11111111

### الحل Solution

*We replace each group of 8 bits with its equivalent decimal number (see Appendix B) and add dots for separation. نقوم باستبدال كل مجموعة من ٨ بتات مع رقمها العشري المكافئ (انظر الملحق ب) وإضافة النقاط للفصل.*

a. 129.11.11.239

b. 193.131.27.255



## مثال 19.2 Example

*Change the following IPv4 addresses from dotted-decimal notation to binary notation. قم بتغيير عناوين IPv4 التالية من الترقيم العشري المنقط إلى التدوين الثنائي.*

a. 111.56.45.78

b. 221.34.7.82

### الحل Solution

*We replace each decimal number with its binary equivalent (see Appendix B). نستبدل كل رقم عشري بمكافئته الثنائية (انظر الملحق ب).*

a. 01101111 00111000 00101101 01001110

b. 11011101 00100010 00000111 01010010

## مثال 19.3 Example 19.3

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

التالية. IPv4 ابحث عن الخطأ ، إن وجد ، في عناوين

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

### الحل Solution

- a. *There must be no leading zero (045)..* (٥ ٤ ٠) يجب ألا يكون هناك صفر بادئ
- b. *There can be no more than four numbers..* أرقام أكثر من أربعة لا يمكن أن يكون هناك
- c. *Each number needs to be less than or equal to 255.* يجب أن يكون كل رقم أقل من أو يساوي ٢٥٥
- d. *A mixture of binary notation and dotted-decimal notation is not allowed..* لا يُسمح بمزيج من التداوين الثنائي والترميز العشري المنقط



**Note**

**ملاحظة**

**In classful addressing, the address space is divided into five classes:**

**A, B, C, D, and E.**

**في العنوان المصنف ، تنقسم مساحة العنوان إلى خمس فئات:**

**A و B و C و D و E.**

## Figure 19.2 *Finding the classes in binary and dotted-decimal notation*

الشكل ١٩, ٢ العثور على الطبقات في الترميز الثنائي والمنقط العشري

	First byte	Second byte	Third byte	Fourth byte
Class A	0			
Class B	10			
Class C	110			
Class D	1110			
Class E	1111			

a. Binary notation

	First byte	Second byte	Third byte	Fourth byte
Class A	0-127			
Class B	128-191			
Class C	192-223			
Class D	224-239			
Class E	240-255			

b. Dotted-decimal notation

## مثال 19.4 Example 19.4

ابحث عن الفصل لكل عنوان.. 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

### الحل Solution

a. A أول بت هو 0. هذا هو عنوان الفئة A. The first bit is 0. This is a class A address.

b. أول ٢ بت 1؛ البت الثالث هو 0. هذا هو عنوان فئة C. The first 2 bits are 1; the third bit is 0. This is a class C address.

c. البايت الأول هو ١٤؛ الفصل هو A. The first byte is 14; the class is A.

d. البايت الأول هو ٢٥٢؛ الفصل هو E. The first byte is 252; the class is E.

**Table 19.1** *Number of blocks and block size in classful IPv4 addressing*  
 الطبقة IPv4 جدول ١٩, ١ عدد الكتل وحجم القدرة في معالجة

<i>Class</i>	<i>Number of Blocks</i>	<i>Block Size</i>	<i>Application</i>
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



**Note**

**ملاحظة**

**In classful addressing, a large part of the available addresses were wasted.**

**في المعالجة الدقيقة ، تم إهدار جزء كبير من العناوين المتوفرة.**



**Note**

ملاحظة

**The number of addresses in the block  
can be found by using the formula**

$$2^{32-n}.$$

يمكن العثور على عدد العناوين في الكتلة باستخدام الصيغة

$$- 2^{32-n}.$$



## Example 19.8

مثال

ابحث عن عدد العناوين في مثال 19.6. Find the number of addresses in Example 19.6.

**الحل Solution**

The value of  $n$  is 28, which means that number of addresses is  $2^{32-28}$  or 16.

هي ٢٨ ، مما يعني أن عدد العناوين هو ٢ - ٣٢ - ٢٨ أو ١٦ .  $n$  قيمة

## مثال 19.9 Example

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. In Example 19.5 the /28 can be represented as هناك طريقة أخرى للبحث عن العنوان الأول والعنوان الأخير وعدد العناوين وهي تمثيل القناع كثنائي ٣٢ بت (أو ٨ أرقام). هذا مفيد بشكل خاص عندما نقوم بكتابة برنامج للعثور على هذه المعلومات. في المثال ١٩.٥ يمكن تمثيل / ٢٨ ك

11111111 11111111 11111111 11110000

(S و S ثمانية وعشرون ١). (twenty-eight 1s and four 0s).

Find

a. The first address العنوان الأول

b. The last address العنوان الأخير

c. The number of addresses.. عدد العناوين

## واصلت (continued) Example 19.9

### الحل Solution

**a.** The first address can be found by ANDing the given addresses with the mask. ANDing here is done bit by bit. The result of ANDing 2 bits is 1 if both bits are 1s;

يمكن العثور على العنوان الأول. يتم تنفيذ ANDing بواسطة عناوين معينة باستخدام القناع. ANDing هنا شيئاً فشيئاً. نتيجة ANDING بت هي 1 إذا كانت كلتا 2 ANDing هنا شيئاً فشيئاً. نتيجة ANDING هي 0 خلاف ذلك. البتات 1

Address:	11001101	00010000	00100101	00100111
Mask:	11111111	11111111	11111111	11110000
First address:	11001101	00010000	00100101	00100000

## واصلت (continued) Example 19.9

**b.** The last address can be found by ORing the given addresses with the complement of the mask. ORing here is done bit by bit. The result of ORing 2 bits is 0 if both bits are 0s; the result is 1 otherwise. The complement of a number is found by changing each 1 to 0 and each 0 to 1.

العناوين المعنية مع تكملة القناع. ORing يمكن العثور على العنوان الأخير عن طريق ؛ إذا كان كلا البتات 0 ، ORing 0 أو رينج هنا يتم شيئاً فشيئاً. تكون نتيجة بت ٢ والنتيجة هي ١ على خلاف ذلك. تم العثور على تكملة رقم عن طريق تغيير كل ١ إلى ٠ وكل ٠ إلى ١ .

Address:	11001101	00010000	00100101	00100111
Mask complement:	00000000	00000000	00000000	00001111
Last address:	11001101	00010000	00100101	00101111

## مثال (continued) Example 19.9

**c.** *The number of addresses can be found by complementing the mask, interpreting it as a decimal number, and adding 1 to it.*

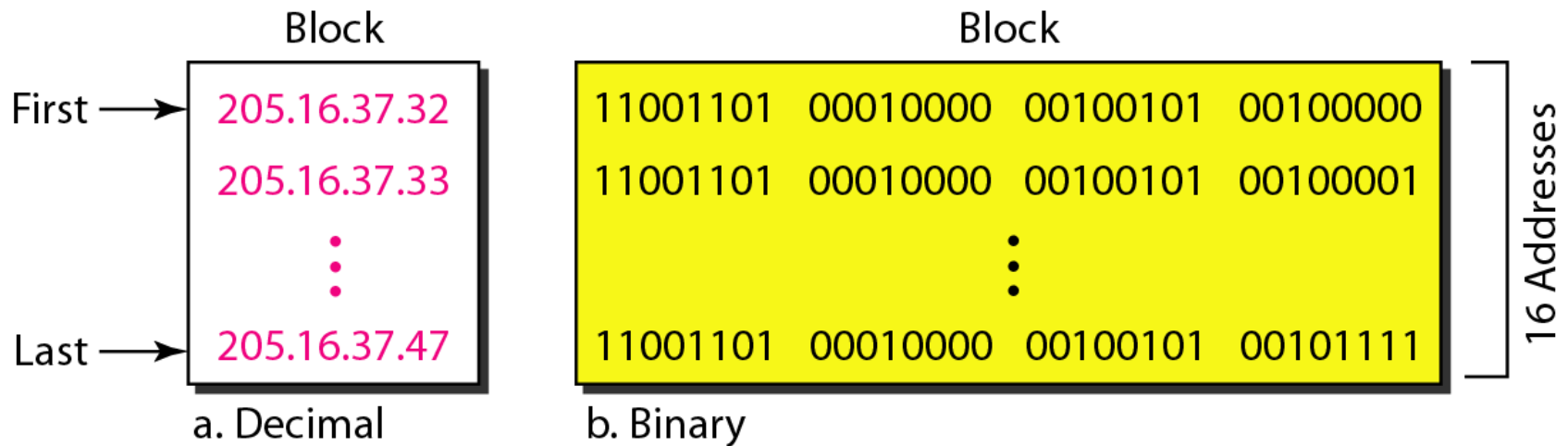
يمكن العثور على عدد العناوين باستكمال القناع ، وتفسيره كرقم عشري ، وإضافة ١ إليه.

Mask complement: 00000000 00000000 00000000 00001111

Number of addresses:  $15 + 1 = 16$

**Figure 19.4** *A network configuration for the block 205.16.37.32/28*

تكوين شبكة للكتلة ٢٠٥, ١٦, ٣٧, ٣٢/٢٨





**Note**

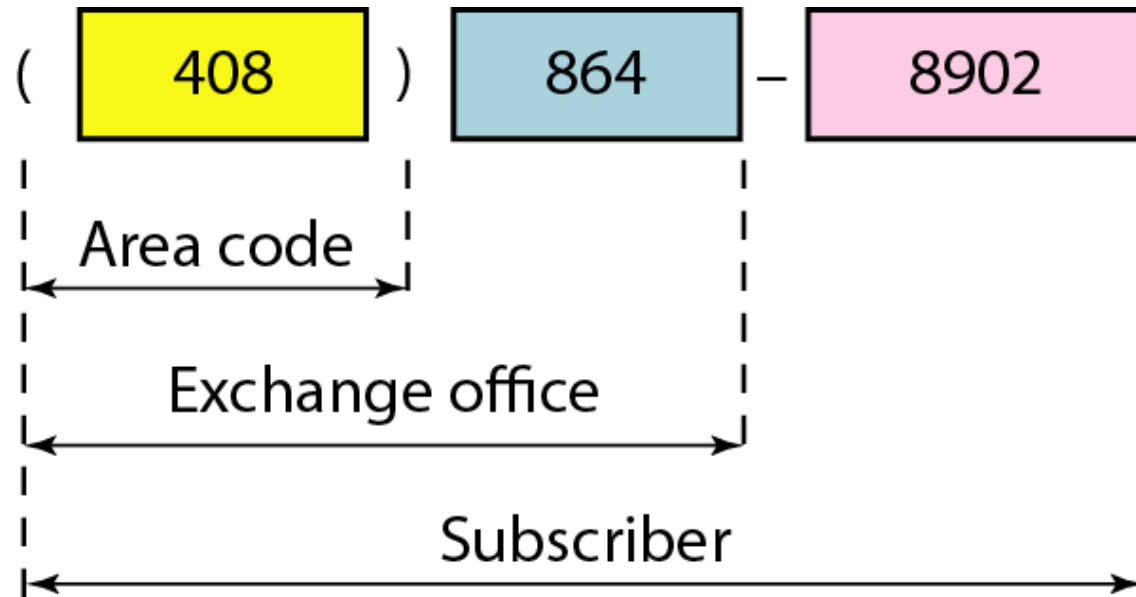
**ملاحظة**

**The first address in a block is normally not assigned to any device; it is used as the network address that represents the organization to the rest of the world.**

**عادةً ما يتم تعيين العنوان الأول في كتلة إلى أي جهاز؛ يتم استخدامه كعنوان الشبكة الذي يمثل المنظمة لبقية العالم.**

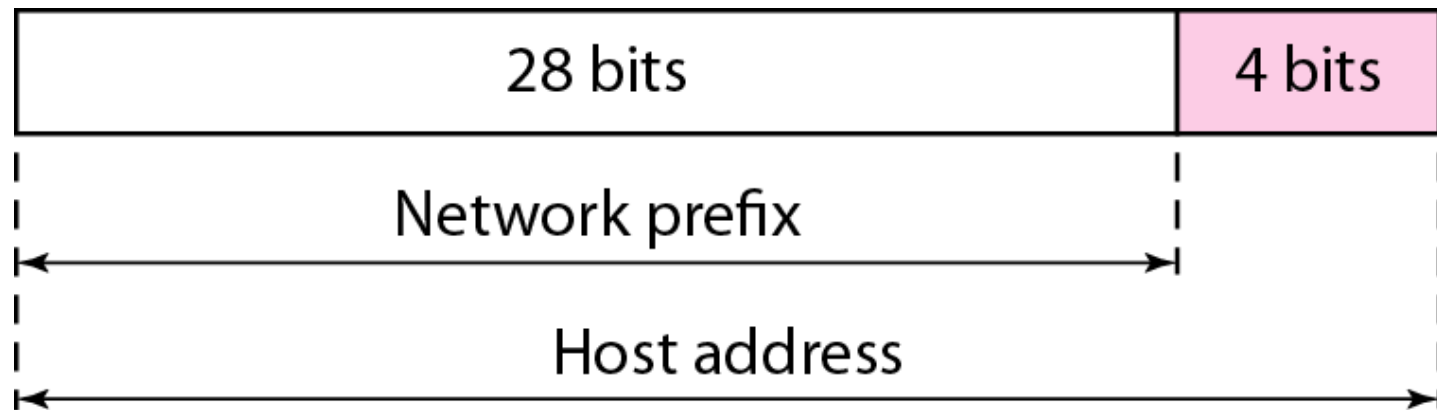
**Figure 19.5** *Two levels of hierarchy in an IPv4 address*

IPv4 مستويين من التسلسل الهرمي في عنوان





**Figure 19.6** *A frame in a character-oriented protocol*  
إطار في بروتوكول موجه للشخصية





**Note**

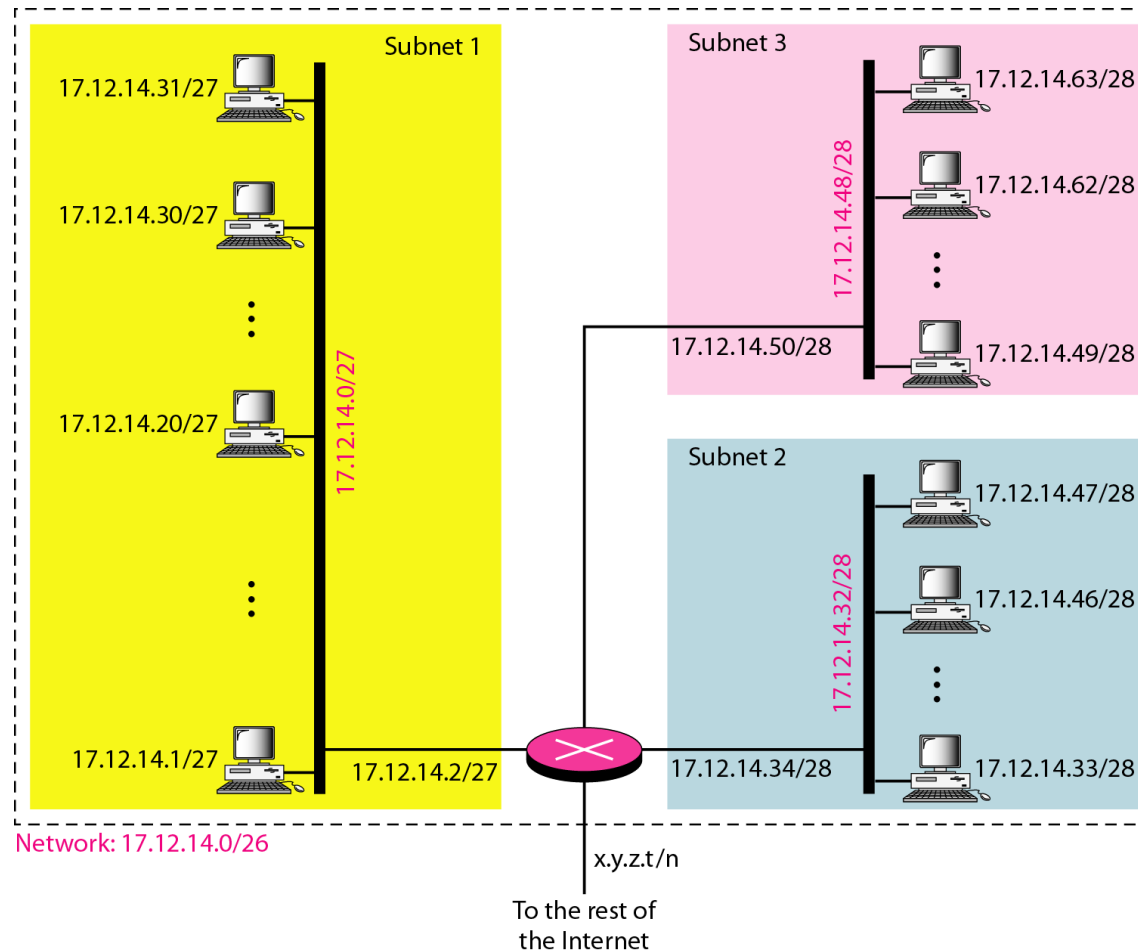
**ملاحظة**

**Each address in the block can be considered  
as a two-level  
hierarchical structure:  
the leftmost  $n$  bits (prefix) define  
the network;  
the rightmost  $32 - n$  bits define  
the host.**

**يمكن اعتبار كل عنوان في الكتلة كهيكل هرمي من مستويين: تحدد  
التي في أقصى اليسار (البادئة) الشبكة ؛  $n$  البتات  
في أقصى اليمين  $32 - n$  بت تحدد المضيف.**

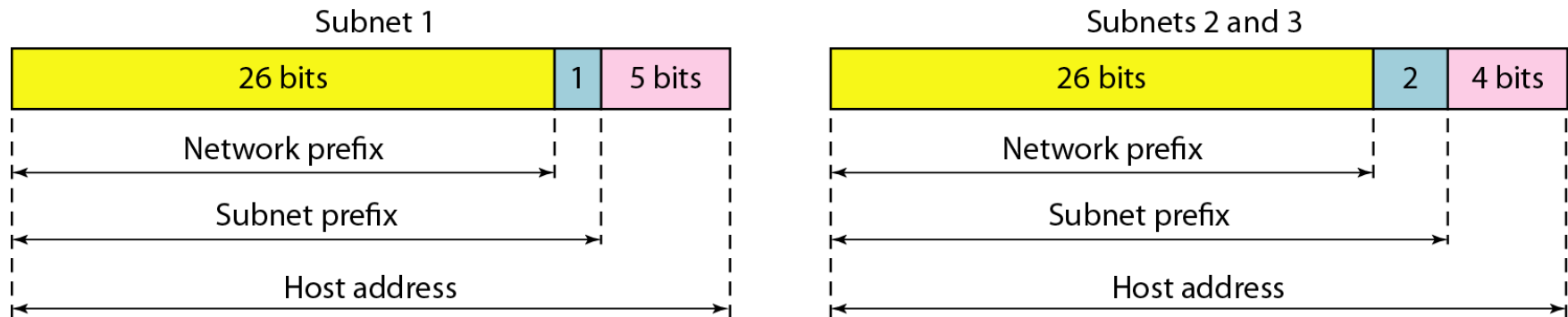
## Figure 19.7 Configuration and addresses in a subnetted network

التكوين والعناوين في شبكة تمثيلية



## Figure 19.8 *Three-level hierarchy in an IPv4 address*

تسلسل هرمي من ثلاثة مستويات في عنوان IPv4



## مثال 19.10 Example 19.10

*An ISP is granted a block of addresses starting with 190.100.0.0/16 (65,536 addresses). The ISP needs to distribute these addresses to three groups of customers as follows:*

*ISP يمنح مجموعة من العناوين بدءاً من 190.100.0.0/16 (عناوين 65,536). يحتاج ISP إلى توزيع هذه العناوين على ثلاث مجموعات من العملاء على النحو التالي:*

**a.** *The first group has 64 customers; each needs 256 addresses..*  
*المجموعة الأولى لديها 64 عملاء. كل يحتاج 256 عناوين..*

**b.** *The second group has 128 customers; each needs 128 addresses..*  
*المجموعة الثانية لديها 128 عملاء. كل يحتاج 128 عناوين..*

**c.** *The third group has 128 customers; each needs 64 addresses..*  
*المجموعة الثالثة لديها 128 عميل. كل يحتاج 64 عناوين..*

*Design the sub blocks and find out how many addresses are still available after these allocations.*  
*صمم الكتل الفرعية واكتشف عدد العناوين التي لا تزال متوفرة بعد هذه التوزيعات.*

## مثال (continued) Example 19.10

### الحل Solution

*Figure 19.9 shows the situation.*

### Group 1

*For this group, each customer needs 256 addresses. This means that 8 ( $\log_2 256$ ) bits are needed to define each host. The prefix length is then  $32 - 8 = 24$ . The addresses are ، بالنسبة لهذه المجموعة ، المطلوبة ( $\log_2 256$ ) يحتاج كل عميل إلى ٢٥٦ عنوانًا. وهذا يعني أن هناك ٨ بتات ( لتحديد كل مضيف. طول البادئة هو ٣٢ - ٨ = ٢٤ . عناوين هي*

1st Customer:	190.100.0.0/24	190.100.0.255/24
2nd Customer:	190.100.1.0/24	190.100.1.255/24
...		
64th Customer:	190.100.63.0/24	190.100.63.255/24
Total	$= 64 \times 256 = 16,384$	

## مثال Example 19.10 (continued)

### المجموعة ٢ Group 2

*For this group, each customer needs 128 addresses. This means that 7 ( $\log_2 128$ ) bits are needed to define each host. The prefix length is then  $32 - 7 = 25$ . The addresses are بالنسبة إلى هذه المجموعة ، يحتاج كل عميل إلى ١٢٨ addresses are مطلوبة لتحديد كل ( $\log_2 128$ ) عنوانًا. وهذا يعني أن هناك ٧ بتات ( مضاف. طول البادئة هو ٣٢ - ٧ = ٢٥ . العناوين هي*

1st Customer:	190.100.64.0/25	190.100.64.127/25
2nd Customer:	190.100.64.128/25	190.100.64.255/25
...		
128th Customer:	190.100.127.128/25	190.100.127.255/25
Total =	$128 \times 128 = 16,384$	

## Example 19.10 (continued)

### المجموعة ٣ Group 3

For this group, each customer needs 64 addresses. This means that 6 ( $\log_2 64$ ) bits are needed to each host. The prefix length is then  $32 - 6 = 26$ . The addresses are إلى عميل كل يحتاج ، لهذه المجموعة ،  
مطلوبة لكل مضيف. طول البادئة ( $\log_2 64$  : ٦ عنوانًا. هذا يعني أن هناك ٦ بتات )  
هو ٣٢ - ٦ = ٢٦ . العناوين هي

1st Customer:	190.100.128.0/26	190.100.128.63/26
2nd Customer:	190.100.128.64/26	190.100.128.127/26
...		
128th Customer:	190.100.159.192/26	190.100.159.255/26
Total =	$128 \times 64 = 8192$	

Number of granted addresses to the ISP: 65,536

عدد العناوين الممنوحة لـ

ISP: 65,536

Number of allocated addresses by the ISP: 40,960

ISP: عدد العناوين المخصصة من قبل

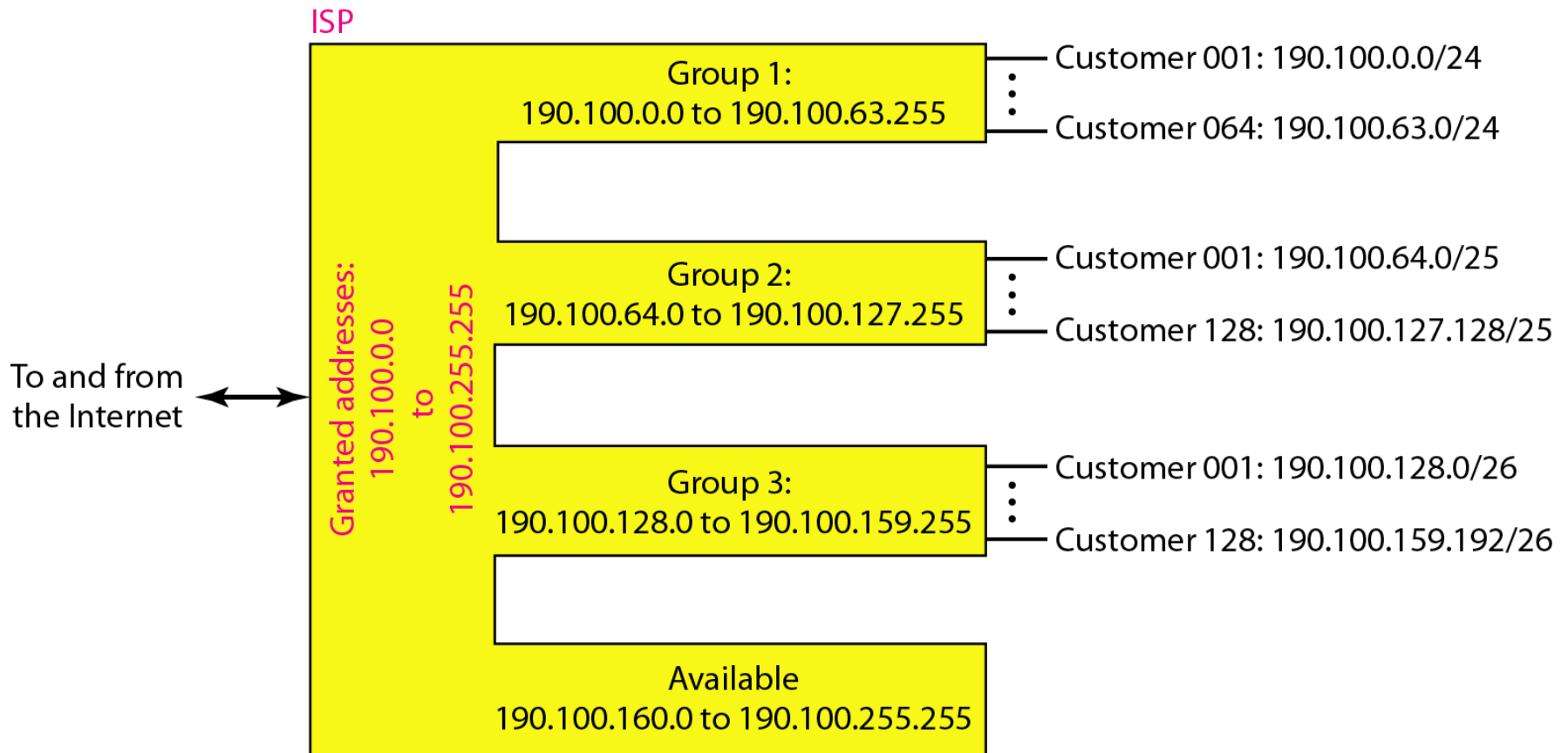
40,960

Number of available addresses: 24,576

عدد العناوين المتاحة: ٢٤٥٧٦



**Figure 19.9** *An example of address allocation and distribution by an ISP*  
*ISP...مثال على توزيع العناوين وتوزيعها من قبل*

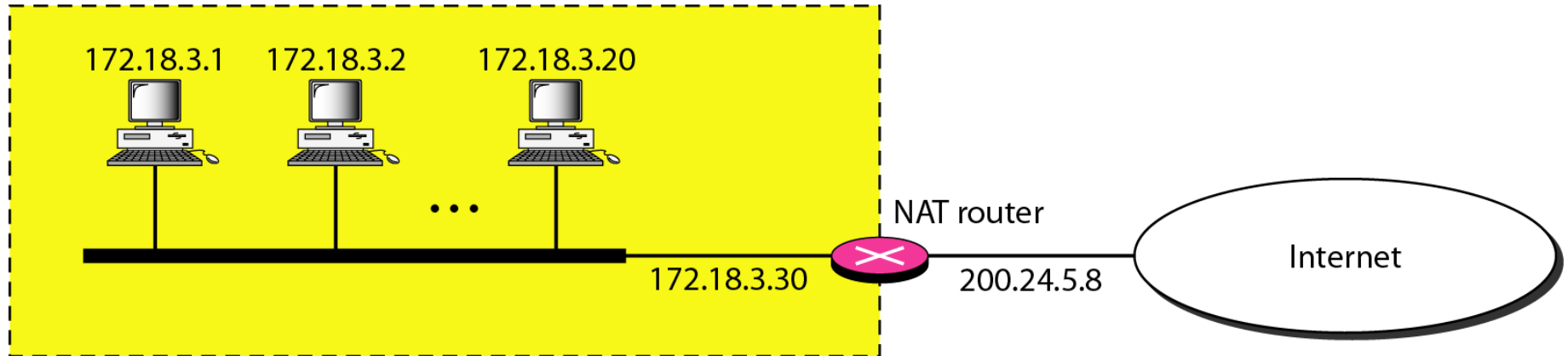


**Table 19.3** *Addresses for private networks* عناوين الشبكات الخاصة

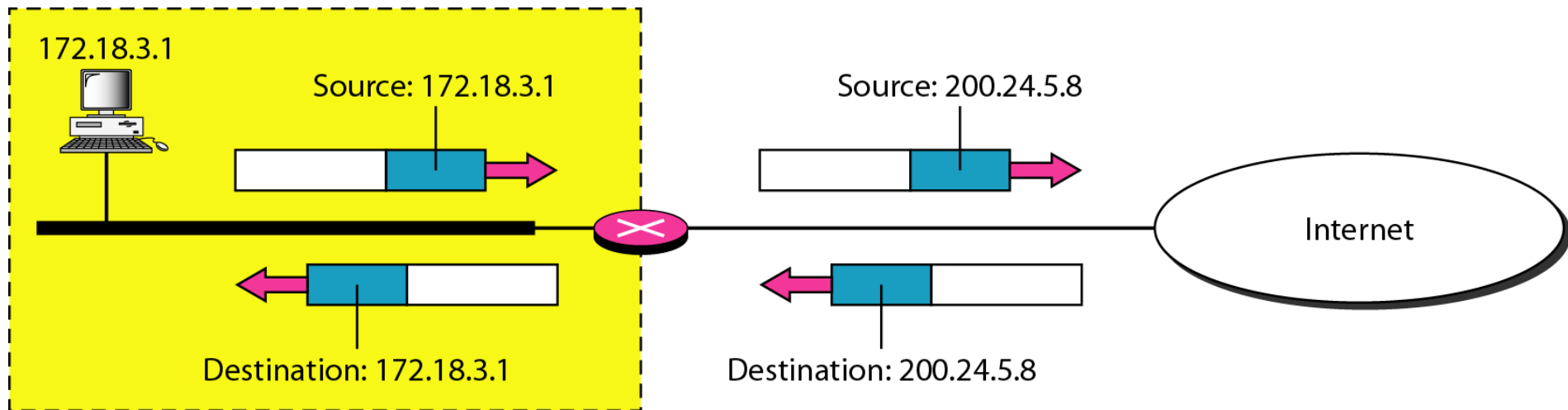
<i>Range</i>			<i>Total</i>
10.0.0.0	to	10.255.255.255	$2^{24}$
172.16.0.0	to	172.31.255.255	$2^{20}$
192.168.0.0	to	192.168.255.255	$2^{16}$

**Figure 19.10** *A NAT implementation*  
*تطبيق NAT*

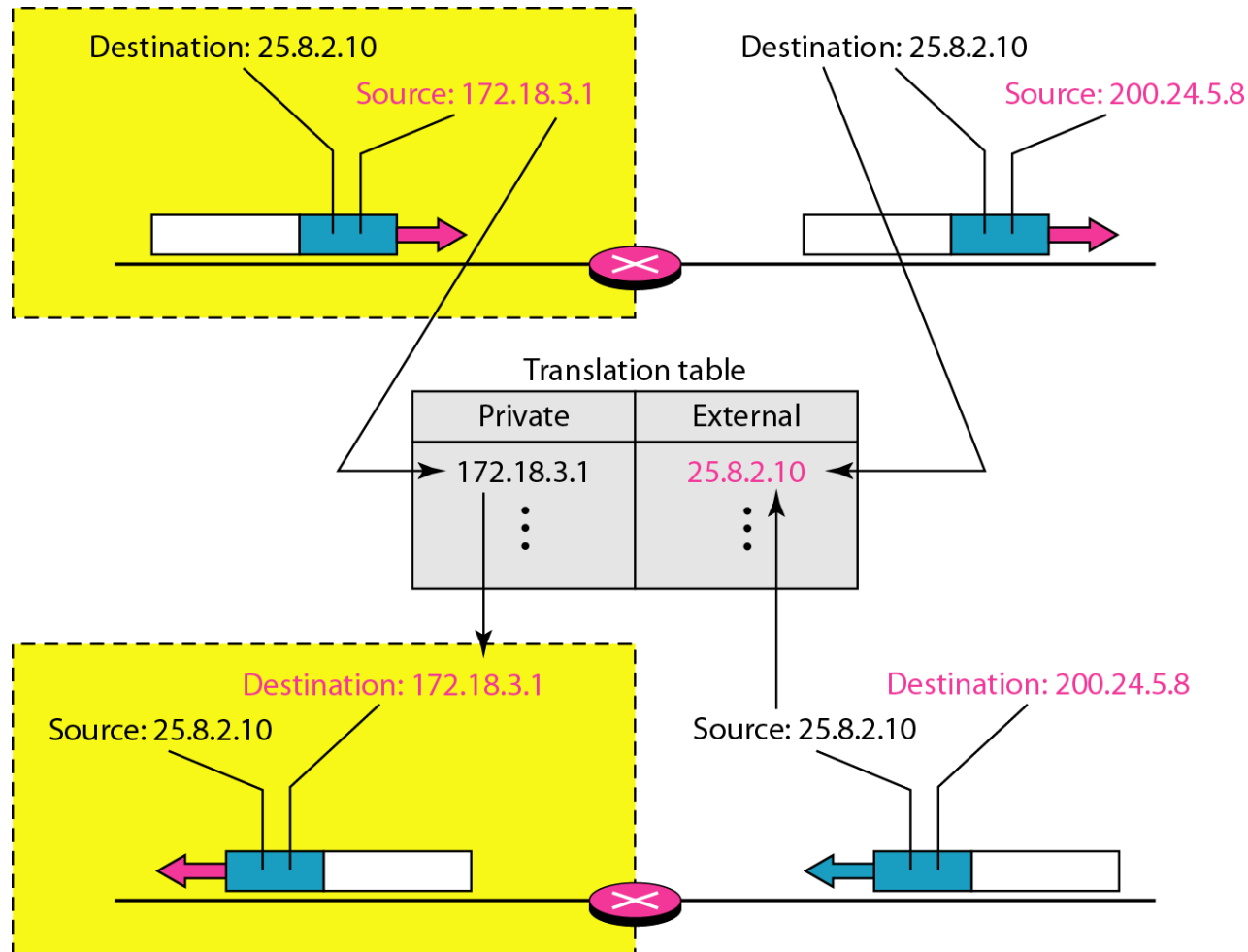
Site using private addresses



**Figure 19.11** *Addresses in a NAT*  
*NAT عناوين في*



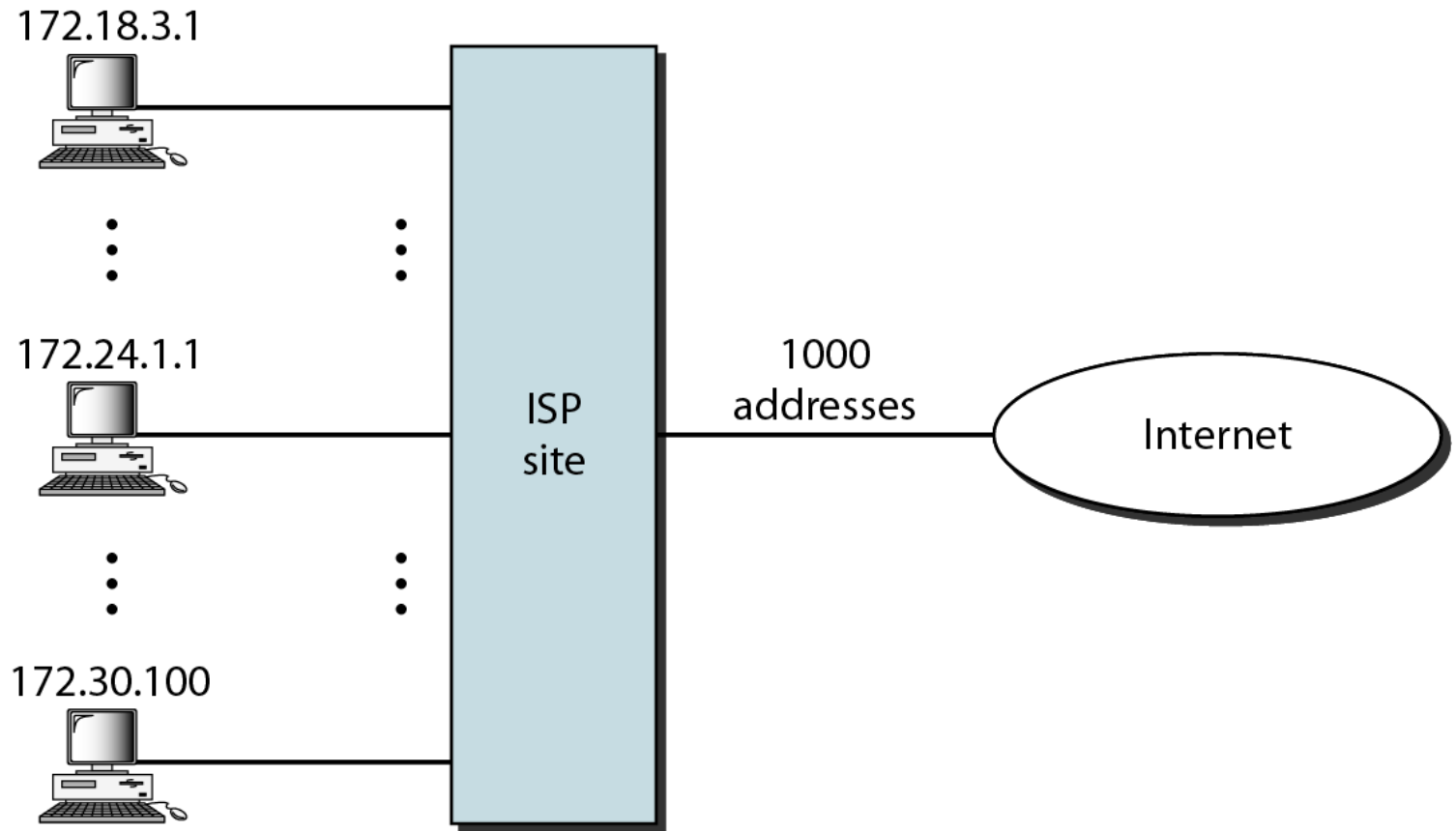
**Figure 19.12** *NAT address translation*  
*NATترجمة عنوان*



**Table 19.4** *Five-column translation table* جدول ترجمة خمسة أعمدة

<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
...	...	...	...	...

**Figure 19.13** *An ISP and NAT* و NAT مزود خدمة الإنترنت



## 19-2 IPv6 ADDRESSES عناوين IPv6

*Despite all short-term solutions, address depletion is still a long-term problem for the Internet. This and other problems in the IP protocol itself have been the motivation for IPv6.* على الرغم من جميع الحلول قصيرة الأجل ، لا يزال استنفاد المعضلة يمثل مشكلة طويلة الأجل بالنسبة إلى نفسه كانت IP الإنترنت. هذه المشكلة وغيرها من مشكلات بروتوكول IPv6 الدافع لـ.

**مواضيع القسم: Topics discussed in this section:**

بناء Structure

العنوان الفضاء Address Space





*Note*

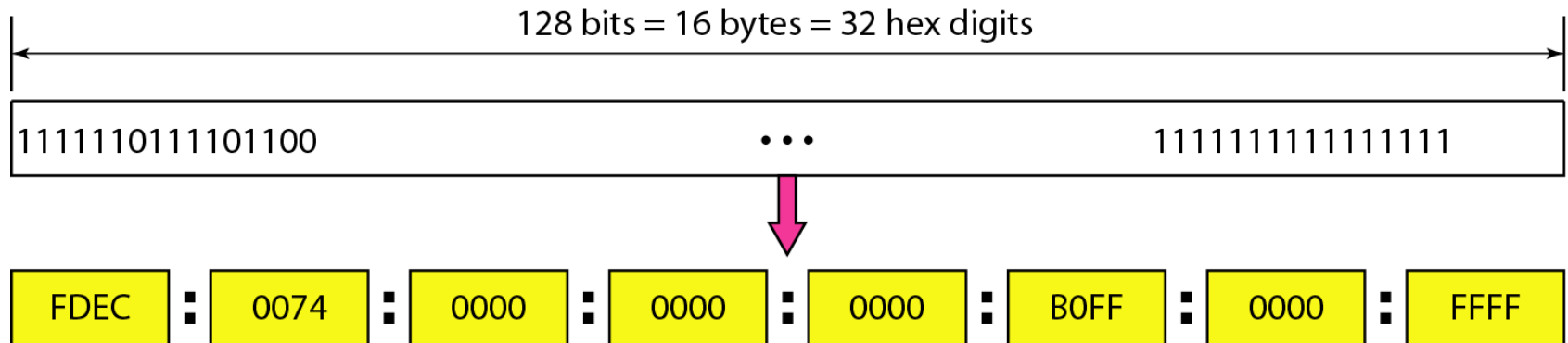
ملاحظة

**An IPv6 address is 128 bits long.**

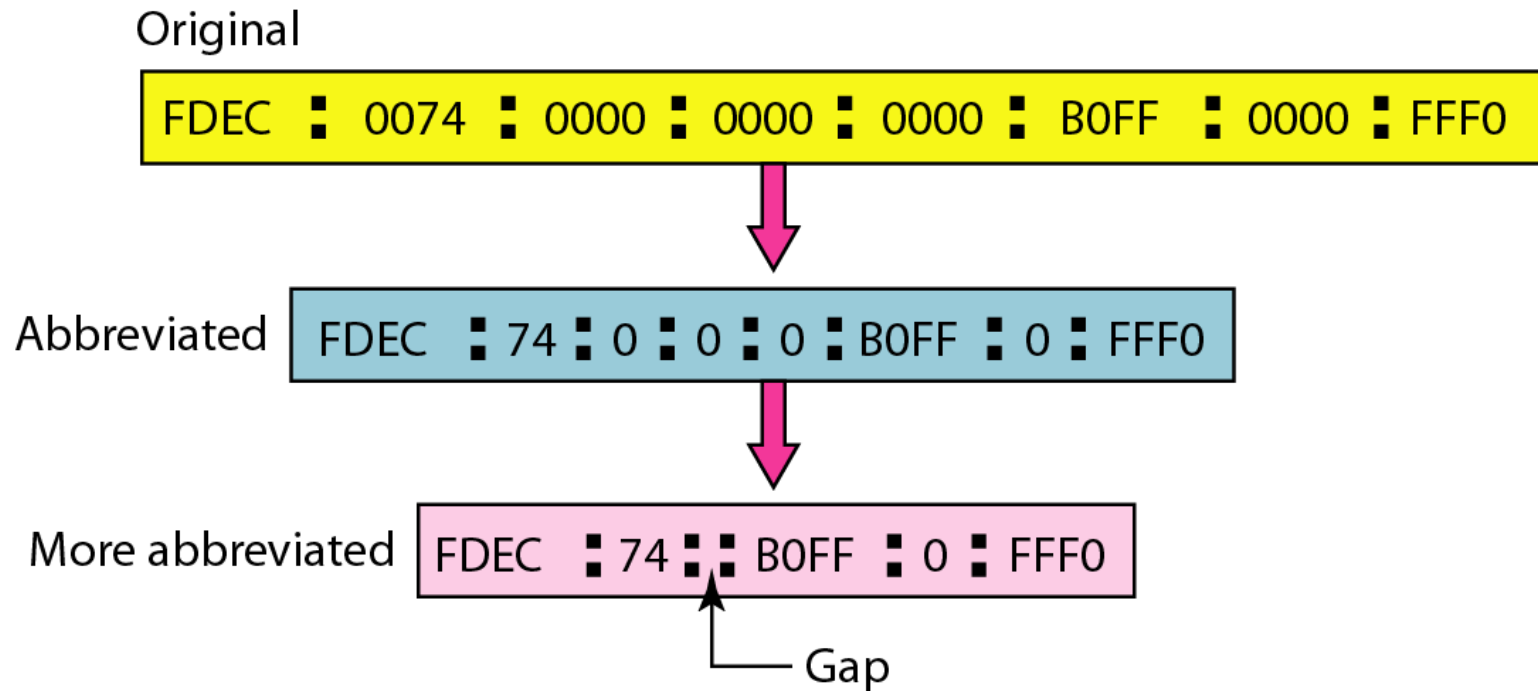
هو ١٢٨ بت. IPv6 عنوان

## Figure 19.14 *IPv6 address in binary and hexadecimal colon notation*

في تدوين نقطتين سداسيتين وعشريتين IPv6 عنوان



**Figure 19.15** *Abbreviated IPv6 addresses* المختصرة IPv6 عناوين



## مثال 19.11 Example 19.11

*Expand the address 0:15::1:12:1213 to its original.*

قم بتوسيع العنوان ٠ : ١٥ :: ١ : ١٢ : ١٢١٣ إلى أصله.

### الحل Solution

*We first need to align the left side of the double colon to the left of the original pattern and the right side of the double colon to the right of the original pattern to find how many 0s we need to replace the double colon.* نحتاج أولاً إلى محاذاة الجانب الأيسر من القولون المزدوج إلى يسار النمط الأصلي والجانب الأيمن من القولون المزدوج على يمين النمط الأصلي للعثور على عدد الثواني التي نحتاجها لاستبدال القولون المزدوج.

XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX
0: 15: : 1: 12:1213

*This means that the original address is..* هذا يعني أن العنوان الأصلي هو..

0000:0015:0000:0000:0000:0001:0012:1213
---

**Table 19.5** *Type prefixes for IPv6 addresses* اكتب بادئات لغاوين IPv6

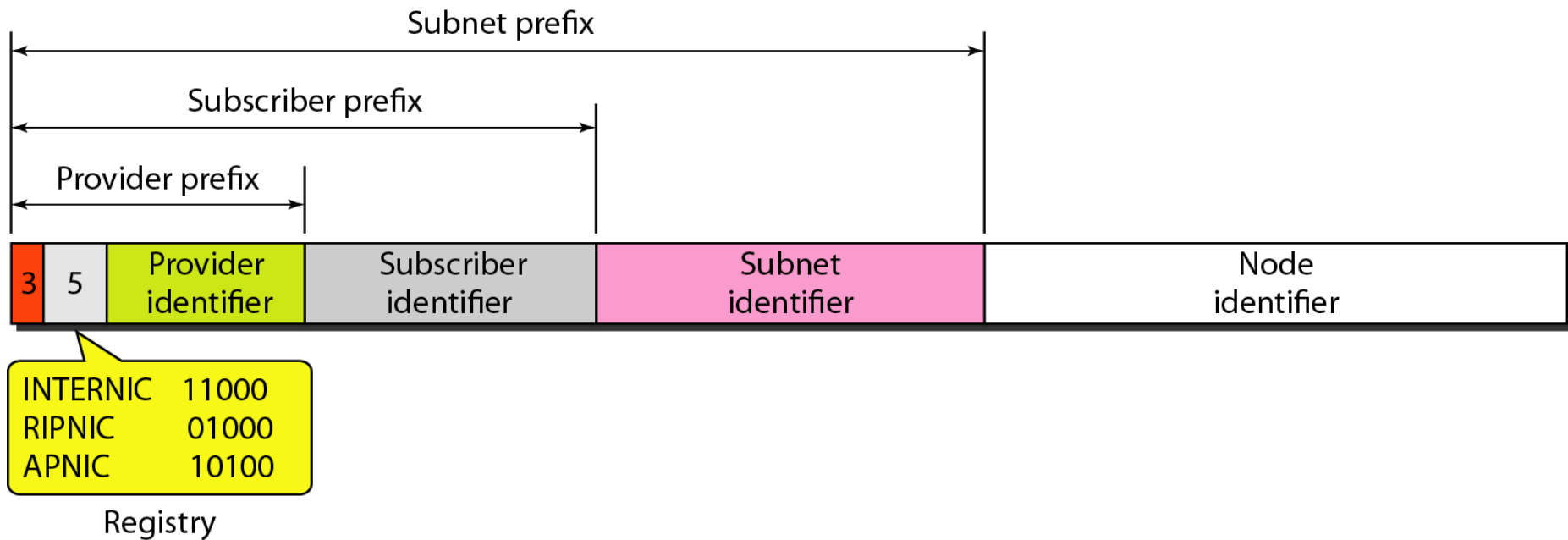
<i>Type Prefix</i>	<i>Type</i>	<i>Fraction</i>
0000 0000	Reserved	1/256
0000 0001	Unassigned	1/256
0000 001	ISO network addresses	1/128
0000 010	IPX (Novell) network addresses	1/128
0000 011	Unassigned	1/128
0000 1	Unassigned	1/32
0001	Reserved	1/16
001	Reserved	1/8
<b>010</b>	<b>Provider-based unicast addresses</b>	<b>1/8</b>

**Table 19.5** *Type prefixes for IPv6 addresses (continued)**تابع)) IPv6 اكتب بادئات لعناوين*

<i>Type Prefix</i>	<i>Type</i>	<i>Fraction</i>
011	Unassigned	1/8
100	Geographic-based unicast addresses	1/8
101	Unassigned	1/8
110	Unassigned	1/8
1110	Unassigned	1/16
1111 0	Unassigned	1/32
1111 10	Unassigned	1/64
1111 110	Unassigned	1/128
1111 1110 0	Unassigned	1/512
1111 1110 10	Link local addresses	1/1024
1111 1110 11	Site local addresses	1/1024
1111 1111	Multicast addresses	1/256

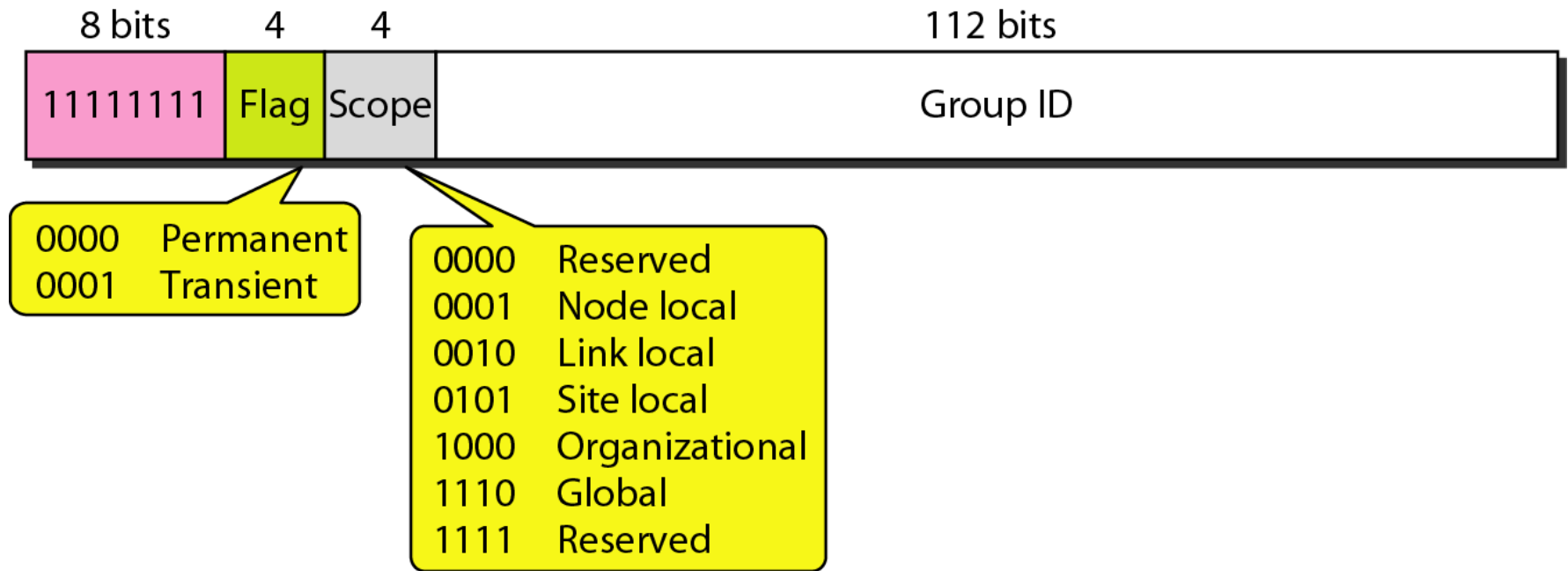
**Figure 19.16** *Prefixes for provider-based unicast address*

البيانات لعنوان الإرسال الأحادي المستند إلى الموفر



## Figure 19.17 Multicast address in IPv6

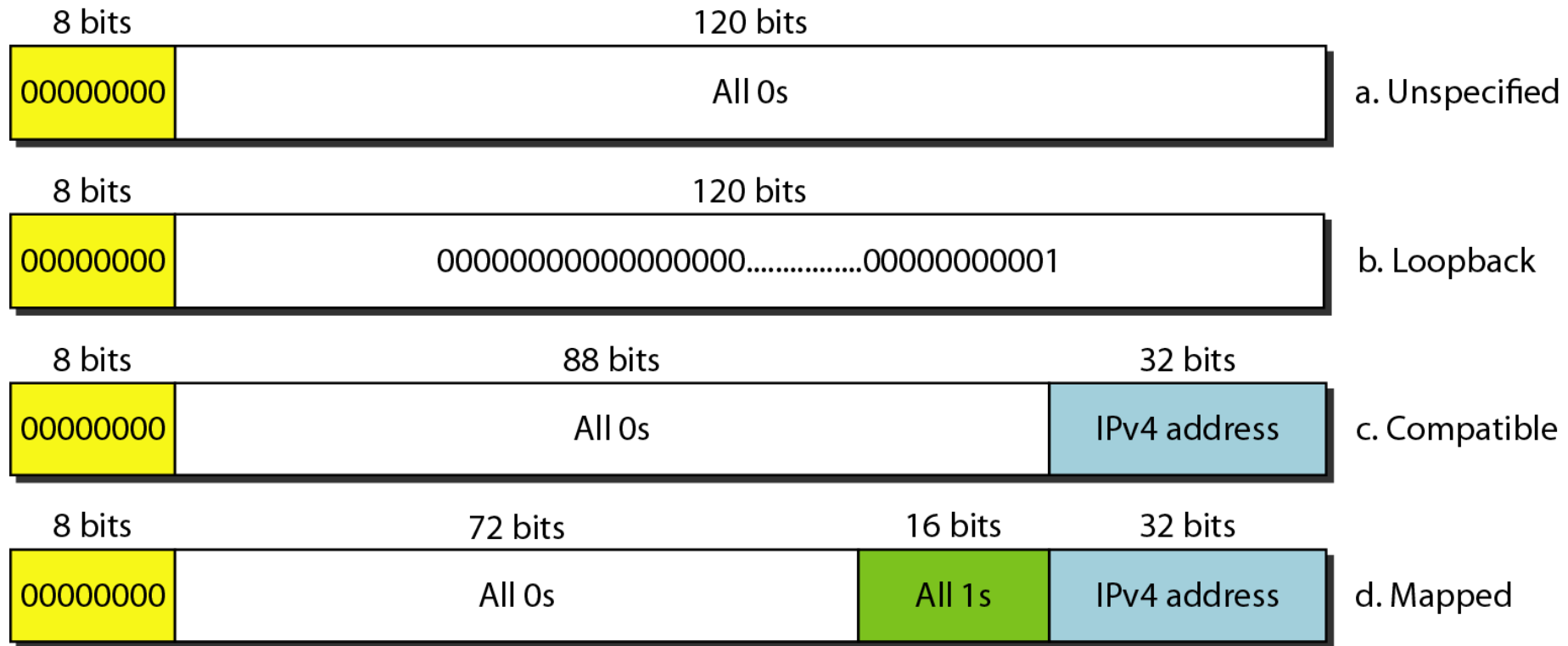
IPv6 عنوان متعدد في





**Figure 19.18** *Reserved addresses in IPv6*

*عناوين محجوزة في IPv6*



**Figure 19.19** *Local addresses in IPv6*  
*العناوين المحلية في IPv6*

