

الوحدة الخامسة

العنوان المنطقية لبروتوكول IPv4

سنناقش في هذه الوحدة مفاهيم العنوان والشبكات الجزئية المستخدمة ضمن الإنترنت. نستخدم بكثرة مصطلح عنوان IP للدلالة على العنوان المنطقي لجهاز أو لمضيف Host كما جرت العادة على تسميته ضمن شبكة الإنترنت.

1. عناوين IPv4

يتكون عنوان IP من 32 bits وهو يعرف تعريفاً وحيداً على مستوى العالم بأسره. نقصد بكون عنوان IP وحيداً أنه يعرف اتصالاً وحيداً بالإنترنت. لا يمكن لجهازين واقعيين على الإنترنت امتلاك نفس عنوان IP في نفس الوقت. طبعاً يمكن لجهاز امتلاك عنوان IP لفترة محددة من الوقت، كفترة اتصاله بالإنترنت، ومن ثم تحرير العنوان لجهاز آخر. إذا احتوى جهاز ما على عدة وصلات مع الإنترنت فيجب تخصيص عنوان IP لكل وصلة.

1.1 فضاء العنوان

تعريف: فضاء العنوان هو المجموع الكلي للعناوين التي يستخدمها بروتوكول IPv4. إذا استخدم بروتوكولاً ما N bits لتعريف العنوان فإن فضاء العنوان يكون 2^N يستخدم الإصدار الرابع من بروتوكول IP 32 بت للعنوان مما يعني أننا نستطيع عنوانة 2^{32} جهاز أو 4,294,967,296. لكن لم يجر استخدام فضاء العنوان هذا بشكل جيد بسبب بعض القيود الموضوعه عليه الأمر الذي أدى إلى هدر جزء كبير من العناوين.

1.1.1 التدوين Notation

يمكنك تدوين عنوان IP باستخدام طريقتين :

• التدوين الثنائي Binary

يجري هنا كتابة العنوان على شكل 32 بت أو (أربعة بايتات) مثل العنوان التالي:

01110101 10010101 00011101 00000010

• التدوين العشري المنقط Dotted-decimal Notation

يفيد التدوين العشري في جعل العنوان أقل حجم وأسهل للقراءة والحفظ. نكتب هنا كل بايت من البايتات الأربعة المكونة للعنوان بالشكل العشري مع إضافة نقطة بين البايتات مثل العنوان التالي :

117.149.29.2

2. العنونة الصفية Classful Addressing

سنناقش بإيجاز عناوين IP الصفية (التي توزع إلى عدة صفوف) وذلك لأنها تخرج من الخدمة تدريجياً. يكون عنوان IP هنا موزع على خمسة صفوف A, B, C, D and E. يشغل كل صف جزء من فضاء العنونة المتاح.

يمكننا معرفة الصف الذي ينتمي إليه عنوان ما من خلال البتات الأولى للعنوان (من اليسار) إذا كان مدون بالصيغة الثنائية أو من خلال البتات الأولى من اليسار إذا كان مدون بالصيغة العشرية. يبين الشكل التالي صفوف العنونة المستخدمة وبتات أو بايتات الدلالة على نوع الصف.

	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

- إيجاد صفوف العناوين وفق الترميز الثنائي أو العشري -

تكمن المشكلة مع هذا النوع من العناوين في كونها مقسمة إلى أعداد ثابتة من الكتل وكل كتلة مؤلفة من حجم ثابت أيضاً.

Class	Range	Network ID	Host ID	Number of networks	Number of addresses
A	0-127	N	H.H.H	$128 = 2^7$	$16777216 = 2^{24}$
B	128-191	N.N	H.H	$16384 = 2^{14}$	$65536 = 2^{16}$
C	192-223	N.N.N	H	$2097152 = 2^{21}$	$256 = 2^8$
D	224-239	-	-	-	-
E	240-255	-	-	-	-

Class D addresses as reserved for multicast.

Class E addresses as reserved for Some research organizations.

جدول - 1 عدد الكتل وحجمها ضمن صفوف عناوين IPv4

عندما تطلب أي مؤسسة كتلة عناوين فكانت تخصص بكتلة تنتمي إلى أحد الصفوف A, B or

C وذلك حسب حجم المؤسسة. لاحظ أن الصف A يحوي عناوين تزيد عن حاجة أكبر الشركات مما يعني أنه يجري هدر معظم هذه العناوين. كذلك الأمر بالنسبة للصف B الذي يزيد عن حاجة الكثير من المؤسسات؛ فهنا أي يوجد هدر. بالنسبة للصف C فهو أصغر من حاجة معظم المؤسسات. الصف D مخصص للإرسال متعدد الوجهات والصف E مخصص للتجارب.

1.2 معرف الشبكة ومعرف المضيف Host-id and Net-id

يجري تقسيم عنوان IP في الصفوف A, B and C فقط إلى معرف شبكة ومعرف مضيف ذات أطوال متغيرة ومتعلقة بصف العناوين. يبين الجدول التالي بعض البايتات المخصصة لمعرفة الشبكة باللون الأحمر وللمعرف المضيف.

الصف	التمثيل الثنائي لقناع الشبكة	التمثيل العشري لقناع الشبكة	CIDR
A	11111111 00000000 00000000 00000000	255.0.0.0	/8
B	11111111 11111111 00000000 00000000	255.255.0.0	/16
C	11111111 11111111 11111111 00000000	255.255.255.0	/24

الجدول - 2 قناع الشبكة الافتراضي للعناوين المصنفة

لاحظ أننا نستخدم ضمن الصف A بايتاً واحداً للدلالة على معرف الشبكة وثلاثة بايتات لدلالة على معرف المضيف (المحطة) داخل الشبكة. بينما نستخدم، ضمن الصف B بايتين للدلالة على معرف الشبكة وبايتين للدلالة على معرف المضيف.

ونخصص أخيراً ثلاثة بايتات لمعرفة الشبكة وبايت واحد لمعرفة المضيف ضمن الصف C .

2.2 مفهوم قناع الشبكة Mask Net

مع العلم أن الأقسام المخصصة لمعرفة الشبكة وتلك المخصصة لمعرفة المضيف محددة تحديد ثابتاً إلا أننا نستطيع أن نستخدم مفهوم قناع الشبكة الذي يتكون من 32 بت. يبين الجدول 2 قناع الشبكة الافتراضي المستخدم لصفوف العناوين A, B and C فقط.

يفيد القناع في إيجاد الجزء المخصص لمعرفة الشبكة أو لمعرفة المضيف من عنوان IP ما. فمثلاً بما أن قناع الشبكة للصف A مكون من ثمانية واحداث متتالية فهذا يعني أن أول بايت من العنوان هو عنوان الشبكة (أي أن الواحدات المتتالية تحدد معرف الشبكة والأصفار المتتالية تحدد معرف المضيف).

يظهر العمود الأخير من الجدول القناع مكتوباً بالصيغة n/ حيث يأخذ المتحول n القيم 8, 16,

.or 24 يدعى هذا التدوين Slash notation أو يستخدم Classless Interdomain Routing (CIDR) أو Slash Notation التدوين هذا يدعى 24. هذا التدوين في عناوين IP اللاصفية الذي سنناقشها لاحقاً.

3.2 الشبكات الجزئية Subnetting

خلال فترة استخدام العناوين الصفية، كان من الممكن إدخال مستوي ثالث من الهرمية عن طريق معرف الشبكة الجزئية Subnet-id يجري تحقيق ذلك عن طريق زيادة عدد الواحدات المعرفة لرقم الشبكة بحيث يدل العدد الإضافي من الواحدات على معرف الشبكة الجزئية. بذلك، تستطيع أي مؤسسة كبيرة أن تقسم العناوين إلى عدة مجموعات وتعطي لكل مجموعة معرف شبكة جزئية خاص بها.

3.3 العنونة اللاصفية Classless Addressing

تفيد العنونة اللاصفية بتجاوز القيود التي وضعتها العنونة الصفية وبالمقدرة على توزيع عدد أكبر من الكتل ومن العناوين. لا توجد، في هذه الحالة، أية صفوف عنونة بينما نحافظ على آلية منح العناوين عن طريق الكتل.

1.3 كتل العناوين Blocks Address

عندما تريد مؤسسة ما الاتصال بالإنترنت، فإنه يتم منحها كتلة (أو مجال) عناوين. يتعلق حجم الكتلة (أي عدد العناوين الممنوحة) بحجم المؤسسة وطبيعة عملها. فيمكننا تخصيص الحواسيب المنزلية بكتلة مؤلفة من عنوانين فقط بينما تخصص مؤسسة كبيرة مثل مزود خدمات الإنترنت Internet Service Provider (ISP) بعدة آلاف من العناوين حسب حاجته.

القيود الموضوعية:

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

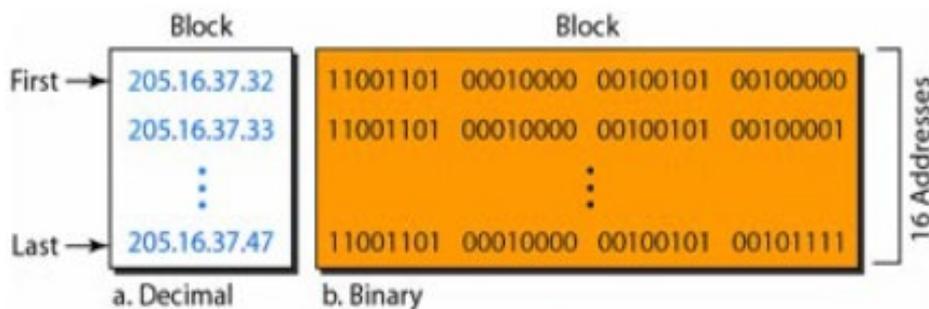
1. يجب أن تكون العناوين ضمن الكتلة متسلسلة (أي كل عنوان يلي العنوان السابق).

2. يجب أن يكون عدد عناوين كتلة ما من أس 2 (1, 2, 4, 8, ...).

3. يجب أن يقبل العنوان الأول من الكتلة القسمة على عدد العناوين المخصصة.

مثال 1

يبين الشكل التالي كتلة عناوين بالتدوين الثنائي والعشري ممنوحة إلى شركة تحتاج 16 عنوان.



كتلة مكونة من 16 عنوان ممنوحة لشركة صغيرة

لاحظ أننا احترمنا القيود الثلاثة السابقة؛ العناوين متسلسلة وعدد العناوين هو 16 (أي 2^4) والعنوان الأول يقبل القسمة على 16.

2.3 قناع الشبكة Mask

تعتمد أفضل طريقة لتحديد كتلة عناوين على اختيار عنوان ما من الكتلة والقناع. كما قلنا سابقاً، يتألف القناع من 32 بت لكن الاختلاف الوحيد هنا أن عدد الواحدات ضمن القناع يمكن أن يتدرج من الصفر إلى 32. لذلك نستعوض عن القناع بالتدوين n حيث تدل n على عدد الواحدات ضمن القناع.

نتيجة: يمكن تعريف كتلة عناوين ضمن عناوين IPv4 اللاصفية وفق

$$x.y.z.t/n$$

حيث تعرف القيمة $x.y.z.t$ أحد العناوين ويحدد n القناع

لاحظ أن العنوان مع n يحددان جميع المعلومات المطلوبة من الكتلة (أي عدد العناوين وأول عنوان وآخر عنوان ضمن الكتلة).

• أول عنوان داخل الكتلة

يمكن حساب أول عنوان داخل الكتلة عن طريق تصفير بتات أقصى اليمين الـ $n-32$ وفق التدوين الثنائي.

مثال 2

جرى منح شركة صغيرة كتلة عناوين. نعرف أن أحد هذه العناوين هو 205.16.37.39/28. ما هو أول عنوان ضمن الكتلة؟

الحل

التمثيل الثنائي للعنوان هو 11001101.00010000.00100101.00100111

نصف البتات اليمينية الـ 28-32 (أي الأربعة الأولى) فيصبح العنوان هو

11001101.00010000.00100101.00100000

التمثيل العشري للعنوان الثنائي السابق هو 205.16.37.32 وهو أول عنوان ضمن الكتلة المطابق للشكل العلوي.

• آخر عنوان داخل الكتلة -

نحصل على آخر عنوان ضمن الكتلة عن طريق وضع قيمة البتات الـ $32-n$ اليمينية تساوي الواحد.

تمرين: احسب آخر عنوان ضمن المثال السابق.

• عدد عناوين ضمن الكتلة -

وهو الفرق بين آخر عنوان وأول عنوان أو يمكن حسابه مباشرة من الصيغة 2^{32-n} عنوان الشبكة

يجري عاد تخصيص أول عنوان ضمن الكتلة كعنوان خاص يدل على الشبكة نفسها ولا يمنح لأي حاسب. يدل هذا العنوان على المؤسسة نفسها ويفيد في التعريف عنها ضمن الإنترنت.

3.3 الهرمية

• الهرمية من المستوى الثاني (بدون شبكات جزئية):

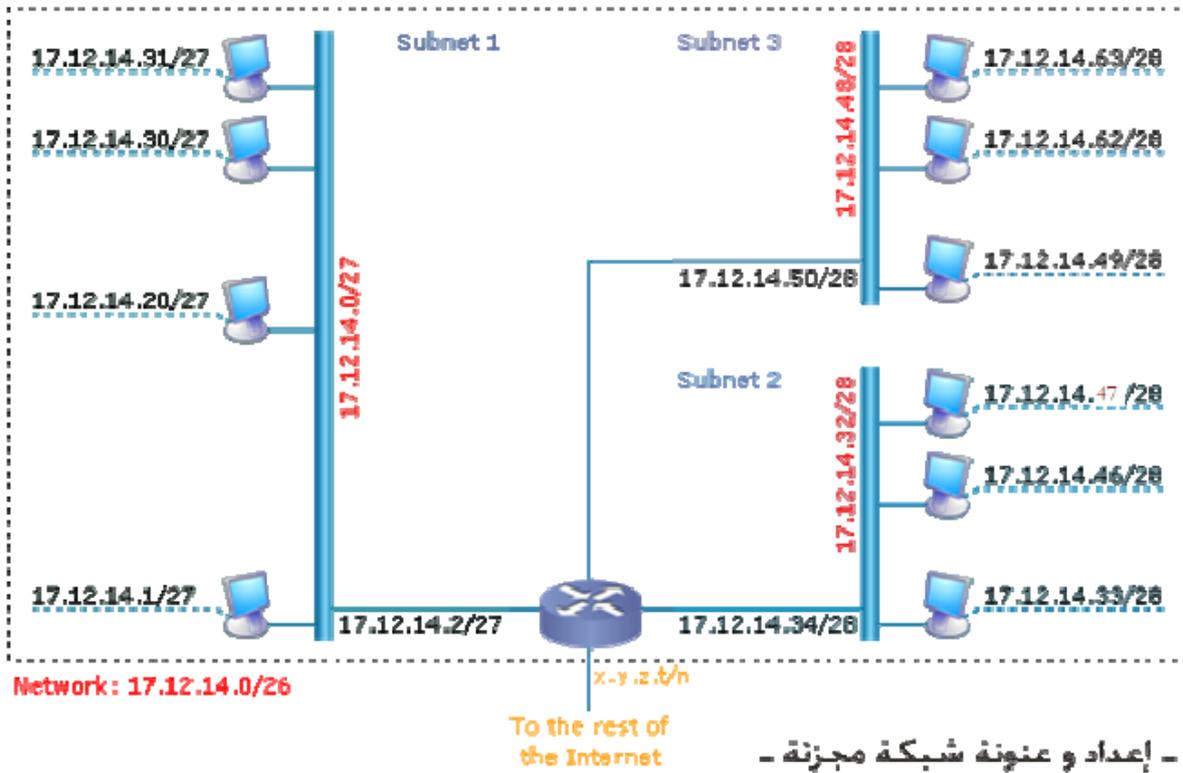
يستطيع عنوان IP أن يعرف مستويين هرميين عندما نستخدم التجزئة. فتعرف البتات n من أقصى اليسار $x.y.z.t/n$ الشبكة وتعرف بقية البتات اليمينية (أي $32-n$) المضيف. يدعى معرف الشبكة بالسابقة Prefix ومعرف المضيف باللاحقة Suffix.

• الهرمية من المستوى الثالث (مع التجزئة)

يمكن أن تلجأ أي شركة منحت كتلة كبيرة من العناوين إلى تجزئة هذه الكتلة إلى مجموعة من الشبكات الجزئية Subnets وتوزيع العناوين بين هذه الشبكات الجزئية. يجري هذا التقسيم بطريقة شفافة بالنسبة للعالم الخارجي الذي يظل يرى هذه الشركة كأنها مكونة من شبكة واحدة لكن داخلي يوجد عدة شبكات جزئية. ترسل جميع الرسائل إلى عنوان المسير الذي يحقق عملية ربط الشركة ببقية الإنترنت؛ يقوم المسير بتسيير الرسائل إلى الشبكة الجزئية المناسبة. يتوجب على الشركة، لتحقيق ذلك، خلق كتل جزئية وتوزيعها على الشبكات الجزئية. تمتلك الشركة قناع خاص بها كذلك سوف تمتلك كل شبكة جزئية قناع آخر خاص بها.

لنفترض أنه تم منح شركة ما كتلة العناوين 17.12.14.0/26 أي ما مقداره 64 عنوان. لنفترض أيضاً أن الشركة مكونة من ثلاثة مكاتب وأنها تحتاج إلى تقسيم الكتلة السابقة إلى 3 كتل جزئية تحوي على التوالي 16 16 32 عنواناً. يمكننا إيجاد القناع الجديد كما يلي :

- بافتراض أن قناع الشبكة الجزئية الأولى هو $n1$ ينتج عنه أن $2^{32-n1}=32$ أي أن $n1=27$.
 - بنفس الطريقة نستنتج أن $n2=28$ و $n3=28$
- بالنتيجة، يصبح لدينا القناع 26 للشركة وثلاثة أقنعة لكل شبكة جزئية كما هو موضح بالشكل التالي .



لنرى إذا كان بإمكاننا إيجاد عناوين الشبكة الجزئية من خلال أحد عناوين الأجهزة الموجودة ضمنها.

- في الشبكة الجزئية Subnet1 إن العنوان 17.12.14.29/27 يمكن أن يعطينا عنوان الشبكة الجزئية إذا استخدمنا القناع /27 وذلك لأن:

Host : 00010001 00001100 00001110 00011101

Mask: /27

Subnet: 00010001 00001100 00001110 00000000 → (17.12.14.0)

- في الشبكة الجزئية Subnet2 إن العنوان 17.12.14.45/28 يمكن أن يعطينا عنوان الشبكة الجزئية إذا استخدمنا القناع /28 وذلك لأن :

Host : 00010001 00001100 00001110 00101101

Mask: /28

Subnet: 00010001 00001100 00001110 00100000 → (17.12.14.32)

▪ في الشبكة الجزئية Subnet3 إن العنوان 17.12.14.50/28 يمكن أن يعطينا عنوان الشبكة الجزئية إذا استخدمنا القناع /28 وذلك لأن:

Host : 00010001 00001100 00001110 00110010

Mask: /28

Subnet: 00010001 00001100 00001110 00110000 → (17.12.14.48)

تمرين:

تحقق أن تطبيق القناع /26 على أي عنوان من العناوين يعطينا عنوان الشبكة 17.12.14.0/26 يمكننا الآن القول أنه باستخدام الشبكات الجزئية أصبح لدينا ثلاثة مستويات من الهرمية؛ سابقتين للشبكة وللشبكة الجزئية ولاحقة للمضيف.

1.3.3 هرمية متعددة المستويات

تضع بنية العناوين اللاصفية أية قيود على عدد المستويات الهرمية. فيمكن، على سبيل المثال، لمزود خدمات إنترنت وطني أن يقسم كتلة العناوين الممنوحة له إلى مجموعة من الكتل الجزئية ويمنح كل كتلة إلى مزود إنترنت إقليمي الذي يقوم بدوره بتجزئة العناوين الممنوحة له إلى مجموعات جزئية ومنحها لمزودي إنترنت محليين. يقوم مزود الإنترنت المحلي بتقسيم كتلة العناوين الممنوحة له ويوزعها على المؤسسات. في النهاية، تستطيع أي مؤسسة تقسيم كتلة العنونة على شبكات جزئية .

2.3.3 تخصيص العناوين

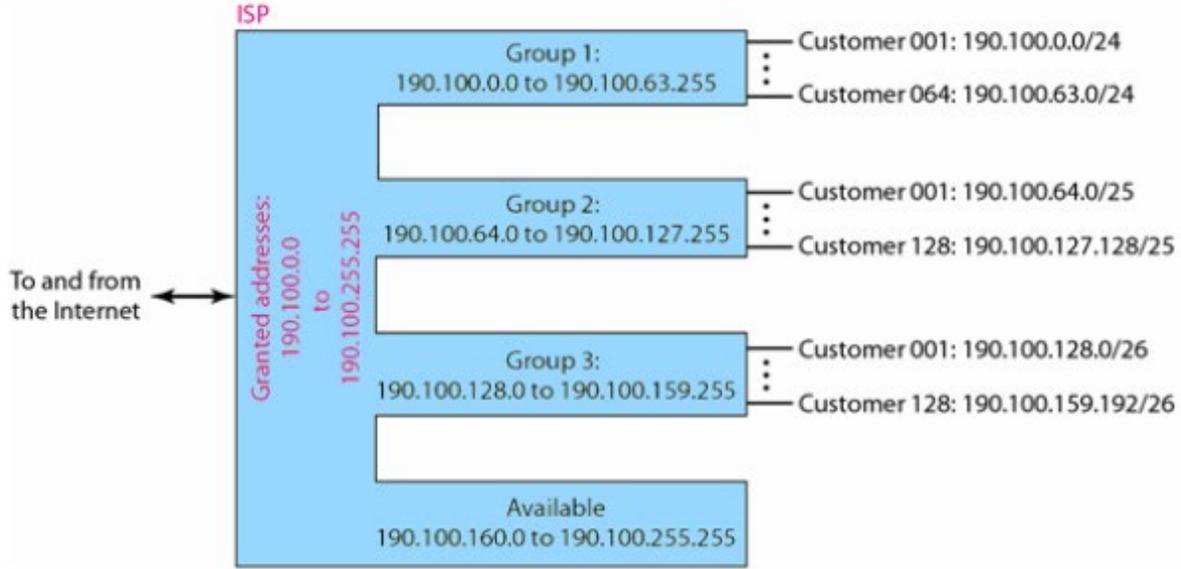
لكن من هي الجهة المسؤولة عن تخصيص العناوين؟ لقد جرى منح هذه المسؤولية إلى سلطة عامة تدعى Internet Corporation for Assigned Names and Addresses (ICANN) إلا أن هذه السلطة تخصص العناوين إلى المؤسسات مباشرة بل تخصص كتل ضخمة إلى مزودي خدمة الإنترنت. يقوم هنا كل مزود خدمة إنترنت بتقسيم الكتلة الممنوحة له وتوزيعها على المستثمرين.

مثال 3

منح مزود خدمة إنترنت كتلة العناوين 190.100.0.0/16 أي 65,536 عنوان. يحتاج مزود الخدمة هذا إلى تخصيص كتلة العناوين هذه إلى المجموعات التالية:

- تضم المجموعة الأولى 64 زبون؛ كل زبون يحتاج 256 عنواناً.
- تضم المجموعة الثانية 128 زبون؛ كل زبون يحتاج 128 عنواناً.
- تضم المجموعة الثالثة 128 زبون؛ كل زبون يحتاج 64 عنواناً.

صمم الكتل الجزئية وبين أنه ما زال يوجد عناوين متاحة .



مثال عن تخصيص عناوين مزود خدمة إنترنت

1. المجموعة الأولى

بما أن كل زبون يحتاج 256 عنواناً فإننا بحاجة إلى 8 بتات لعنونة الأجهزة. سيكون طول السابقة 24 = 32 - 8. أما العناوين فهي :

الزبون الأول 190.100.0.0/24 إلى 190.100.0.255/24

الزبون الثاني 190.100.1.0/24 إلى 190.100.1.255/24

.....

.....

.....

الزبون رقم 64 190.100.63.0/24 إلى 190.100.63.255/24

المجموع الكلي للعناوين المخصصة 64 x 256 = 16384

2. المجموعة الثانية

بما أن كل زبون يحتاج 128 عنواناً فإننا بحاجة إلى 7 بتات لعنونة الأجهزة. سيكون طول السابقة 28 = 32 - 7. أما العناوين فهي :

الزبون الأول 190.100.64.0/25 إلى 190.100.64.127/25

الزبون الثاني 190.100.64.128/25 إلى 190.100.64.255/25

.....

.....

.....

الزبون رقم 128 190.100.127.128/25 إلى 190.100.127.255/25

المجموع الكلي للعناوين المخصصة $128 \times 128 = 16384$

3. المجموعة الثالثة

بما أن كل زبون يحتاج 64 عنوان فإننا بحاجة إلى 6 بتات لعنونة الأجهزة. سيكون طول السابقة $32-6=26$ أما العناوين فهي :

الزبون الأول 190.100.128.0/26 إلى 190.100.128.63/26

الزبون الثاني 190.100.128.64/26 إلى 190.100.128.127/26

.....

.....

.....

الزبون رقم 128 190.100.159.192/26 إلى 190.100.159.255/26

المجموع الكلي للعناوين المخصصة $128 \times 64 = 81924$

عدد العناوين الممنوحة إلى مزود الخدمة **65,535**

عدد العناوين التي خصصها مزود الخدمة **40,960**

عدد العناوين المتاحة **24,576**