

به نام خدا



دانشگاه تهران

پردیس فارابی

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی کامپیوتر

دستور کار

آزمایشگاه شبکه‌های کامپیوتری

شماره



آدرس‌دهی با IP و زیرشبکه‌سازی

IP Addressing and Subnetworking

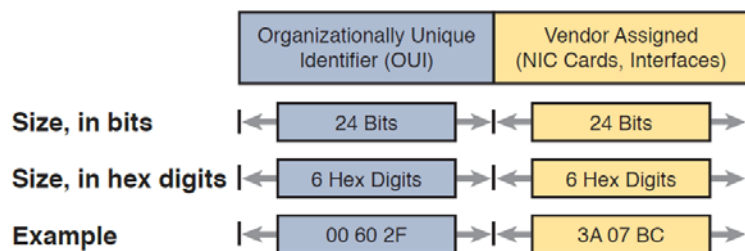
آدرس‌دهی

در شبکه‌های کامپیوتری، کامپیوترها از طریق آدرس‌دهی شناسایی می‌شوند.

روش‌های آدرس‌دهی خود به دو دسته‌ی **آدرس‌دهی فیزیکی** و **آدرس‌دهی منطقی** تقسیم می‌شود که در ادامه به آنها می‌پردازیم.

آدرس فیزیکی (MAC)

کارخانه‌های تولیدکننده‌ی کارت شبکه، یک آدرس ۴۸ بیتی را بر روی کارت شبکه و هر دستگاهی که در شبکه کار می‌کند ثبت می‌کنند که به آن **MAC Address** (آدرس مک) یا آدرس فیزیکی گفته می‌شود. این آدرس در مبنای شانزده (hex) نوشته می‌شود. آدرس MAC، یک آدرس یکتا (unique) است، یعنی در سراسر دنیا هیچ دو دستگاهی وجود ندارند که آدرس MAC مشابه داشته باشند.



۲۴ بیت اول آدرس MAC توسط IEEE به شرکت‌های تولیدکننده کارت‌های شبکه داده می‌شود.

* نکته: کارخانه‌های تولیدکننده، آدرس MAC را روی ROM کارت‌های شبکه و سایر دستگاه‌های شبکه، **Burn** می‌کنند. به همین دلیل به آدرس‌های MAC اصطلاحاً **Burned in addresses (BIAs)** می‌گویند.

در صورتی که آدرس مک کامپیوتری را داشته باشیم می‌توانیم کامپیوتر مقصد و نیز کارخانه‌ی سازنده آن را شناسایی کنیم. یکی از راه‌های شناسایی مجرمان شبکه نیز همین آدرس‌های سخت افزاری است. نکته‌ی جالب توجه دیگر هم این است که یکی از ساده‌ترین راه‌های سرقت اطلاعات در یک شبکه، از طریق دستکاری کردن آدرس فیزیکی Switch در یک شبکه‌ی LAN صورت می‌گیرد. روش کلی به این صورت است که مجرم آدرس مک خود را به جای آدرس مک سوئیچ در شبکه جا می‌زند و کلاینت‌ها که Packet‌های خود را به آدرس فیزیکی سوئیچ می‌فرستند، از این به بعد بسته‌های خود را به کارت شبکه‌ی مجرم می‌فرستند. این Packet‌ها می‌توانند شامل اطلاعاتی از قبیل Username و Password‌های کاربران درون شبکه باشد. پس شما چه یک هکر باشید، یک هدف برای یک هکر باشید و یا فردی باشید که به دنبال مجرم می‌گردد، باید روش‌های به دست آوردن آدرس مک را بدانید تا بتوانید هک کنید، از هک شدن خود جلوگیری کنید و یا بتوانید هکر را شناسایی کنید.

نکته: شکل نمایش آدرس‌های مک در سیستم‌های عامل مختلف با هم متفاوت است:

Cisco: 0000.0B21.6524

Windows: 8C-00-0B-21-34-45

IOS: 24:02:08:F1:6C:B1

ارسال بسته‌ها در شبکه به سه صورت انجام می‌شود:

- Unicast: ارسال از مبدأ به یک مقصد مشخص
- Multicast: ارسال از مبدأ به چند مقصد
- Broadcast: ارسال از مبدأ به همه

برای اجرای دستورهای کامپیوتری دو محیط متنی (خط فرمان: CLI) و گرافیکی (GUI) در اختیار داریم.

CLI: Command line interface

GUI: graphical user interface

برای مشاهده‌ی آدرس مک کامپیوتر، می‌توان از دستورات زیر در محیط cmd (ویندوز) استفاده نمود:

```
> getmac
> getmac /v /fo list
```

در صورتی که می‌خواهید اطلاعات تمیز و مرتبی در مورد کارت‌های شبکه و اتصالات شبکه‌های کامپیوترتان داشته باشید می‌توانید دستور زیر را در خط فرمان وارد کنید:

```
> ipconfig /all
```

پروتکل تشخیص آدرس (ARP: Address Resolution Protocol)

پروتکل ARP وظیفه به‌دست آوردن آدرس مک از روی آدرس IP یک وسیله را بر عهده دارد.

ارتباط بین دو کامپیوتر در ظاهر به‌وسیله‌ی آدرس IP (آدرس منطقی) انجام می‌گیرد ولی در واقع آدرس‌های مک هستند که این ارتباط را برقرار می‌کنند. سؤالی که پیش می‌آید این است که یک سیستم از کجا آدرس مک سیستم‌های دیگری که می‌خواهد از طریق شبکه با آن‌ها ارتباط برقرار کند را می‌یابد؟ پاسخ، پروتکل ARP است. ARP مسئول تبدیل آدرس IP به آدرس مک است.

این فرآیند از طریق پخش همگانی (Broadcasting) در داخل شبکه انجام می‌شود. بدین صورت که کامپیوتر ارسال‌کننده در داخل شبکه فریاد می‌زند که «این آدرس IP متعلق به چی کسی است؟ من آدرس MAC تو را نیاز دارم!». این broadcast به داخل شبکه فرستاده می‌شود و همه‌ی کامپیوترها، داده‌های broadcast را دریافت می‌کنند. سپس کامپیوتری که آدرس IP ارسال شده متعلق به او می‌باشد در پاسخ، آدرس MAC خود را می‌فرستد. در نهایت این فرآیند با در اختیار قرار دادن آدرس MAC به کامپیوتری که برای ارسال داده‌های خود نیازمند آن آدرس بود، کامل می‌شود.

برای کاهش تعداد broadcastها و در نتیجه کاهش ترافیک شبکه، از یک Client Cache (حافظه‌ی نهان کلاینت) که آدرس‌ها را برای یک بازه زمانی درون یک جدول نگهداری می‌کند، استفاده می‌شود. این جدول (ARP Table یا ARP Cache) هر ۱۲۰ ثانیه Refresh می‌شود و تغییرات احتمالی را به‌هنگام می‌کند.

```
> arp -a
```

با این فرمان می‌توانید آدرس مک کامپیوتر یا دستگاه‌هایی که با آن‌ها ارتباط داشتید را به دست آورید. با وارد کردن این فرمان، جدولی به شما نمایش داده می‌شود که در آن آدرس‌های IP و آدرس‌های مک در کامپیوتر یا دستگاه‌هایی که با آنها ارتباط داشتید قرار دارد.

```
> arp -s
```

با این دستور می‌توانید یک IP به‌همراه آدرس مک آن را به طور دستی یا ایستا (static) به ARP Table اضافه کنید. برای جلوگیری از سرقت اطلاعاتی در حمله‌ی ARP Poisoning می‌توانید از این دستور کمک بگیرید.

به‌عنوان مثال:

```
> arp -s 10.57.10.32 00-60-8c-0c-6c-6a
```

از دستور زیر برای پاک کردن جدول ARP استفاده می‌شود:

```
> arp -d
```

به این نکته توجه کنید که ARP Table ویندوز را با Mac Address Table سوئیچ اشتباه نکنید. Mac Address Table سوئیچ، مشخص‌کننده این است که کدام Mac Address به کدام پورت سوئیچ مربوط است که اگر بسته‌ای به سوئیچ برسد، Mac Address مقصد آن را می‌خواند و بسته را بر روی پورت مربوط به آن ارسال می‌کند.

نکته: اگر کامپیوتر شما دو کارت شبکه یا بیشتر دارد به همان تعداد نیز ARP Table دارد.

آدرس منطقی (IP Address: Internet Protocol)

هر کامپیوتر برای حضور در شبکه باید آدرسی داشته باشد تا بتواند با استفاده از آن برای دیگران اطلاعات ارسال کند و در مقابل، دیگر کامپیوترها نیز برای او اطلاعات ارسال کنند. این آدرس، آدرس IP است.

IP هر کامپیوتر در داخل یک شبکه منحصر به فرد است.

به طور کلی دو نوع آدرس IP داریم که در شبکه‌ها از آن‌ها استفاده می‌کنیم:

- دسته اول: آی‌پی‌های ورژن ۴ که به صورت IPv4 نشان داده می‌شود. از آن‌جایی که هر IP در این دسته‌بندی از ۴ قسمت جدا شده با نقطه تشکیل می‌شود، به آن ورژن ۴ گفته می‌شود.
- دسته دوم: آی‌پی‌های ورژن ۶ که به صورت IPv6 نشان داده می‌شود و از ۶ قسمت تشکیل شده است و هر قسمت با استفاده از نقطه از قسمت دیگری جدا می‌شود.

در این قسمت ما IPv4 را بررسی خواهیم کرد.

آدرس IP یک نوع آدرس منطقی است. این آدرس، یک آدرس ۳۲ بیتی است و به چهار قسمت هشت-تایی با استفاده از نقطه تقسیم می‌شود. هر کدام از قسمت‌های هشت-تایی نشان دهنده یک octet هستند و در واقع یک بایت را نشان می‌دهند.

به‌طورکلی این هشت بیت می‌توانند با تغییر وضعیت خود از صفر به یک و یا برعکس از یک به صفر، اعدادی در بازه‌ی 0 تا 255 را تولید کنند پس IP ما می‌تواند از 0.0.0.0 تا 255.255.255.255 متغیر باشد.

به‌طورکلی IPv4 دو دسته بندی دارد:

- دسته اول: IP‌های ورژن ۴ که برای ساخته شدن از قوانین خاصی پیروی می‌کنند اصطلاحاً این IP‌ها را class-full می‌گویند که به معنی «کلاس‌مند/ قاعده‌مند» است.
- دسته دوم: IP‌های ورژن ۴ که مانند دسته اول نیستند و بدون قاعده هستند و اصطلاحاً class-less نامیده می‌شوند البته این بی قاعده بودن به معنای آن نیست که هیچ قاعده و قانونی برای ساخت آن‌ها وجود ندارد بلکه به این معناست که آن‌ها از قواعد کلی تبعیت نمی‌کنند و ساختار خاص خود را دارند.

IP‌های CLASS FULL

این نوع IP از ۵ کلاس تشکیل می‌شود که هر کلاس قواعد خاص خود را دارد.

از میان ۴ octet (بایت) که یک IP را می‌سازند بایت اول نشان‌دهنده‌ی کلاس IP است.

کلاس‌های A، B و C: کلاس‌های عادی هستند.

کلاس D: IP‌های کلاس D برای multicasting رزرو شده است.

کلاس E: IP‌های کلاس E برای کارهای تحقیقات و توسعه (R&D) توسط IETF (Internet Engineering Task force) رزرو شده است.

TABLE 3.2 IPv4 Address Classes and the Number of Available Network/Host Addresses

Address Class	Range	Number of Networks	Number of Hosts Per Network	Binary Value of First Octet
A	1 to 126	126	16,777,214	0xxxxxxx
B	128 to 191	16,384	65,534	10xxxxxx
C	192 to 223	2,097,152	254	110xxxxx
D	224 to 239	N/A	N/A	1110xxxx
E	240 to 255	N/A	N/A	1111xxxx

Note

Notice in Table 3.2 that the network number 127 is not included in any of the ranges. The 127.0.0.1 network ID is reserved for the IPv4 local loopback. The local loopback is a function of the protocol suite used in the troubleshooting process.

شناسه‌ی شبکه و آدرس‌های بخش همگانی (Network ID & Broadcast address)

هر محدوده/Range آدرس IP داخل یک شبکه واحد، مجموعه‌ای از تعدادی آدرس IP است که همگی آنها داخل آن شبکه قرار دارند. در این مجموعه، دو آدرس منحصر به فرد وجود دارد:

- Network ID: که مشخصه و معرف آن شبکه است.
- Broadcast address: که برای دسترسی به همه‌ی گره‌های آن شبکه استفاده می‌شود.

این دو آدرس را نمی‌توان به عنوان آدرس معتبر، به گره‌ها اختصاص داد.

- برای محاسبه NetID تمام بیت‌های Host را صفر می‌کنیم.
- برای دسترسی به Broadcast address تمام بیت‌های Host را یک می‌کنیم.

قسمتی از IP تمامی افرادی که در یک شبکه قرار دارند ثابت است به این قسمت مشترک NET ID یا شناسه‌ی شبکه می‌گویند. همانند کد پستی که در آن قسمتی از کد پستی برای تمامی خانه‌های یک محله یکسان است و هیچ دو خانه‌ای که در این محله هستند قسمت دوم کد پستی‌شان یکسان نیست. در شبکه به این قسمت دوم که نشان‌دهنده یک کامپیوتر یا یک هاست (میزبان / host) است HOST ID می‌گویند.

ماسک زیرشبکه (Subnet Mask)

به‌غیر از NET ID و HOST ID در کلاس‌های IP مورد دیگری نیز وجود دارد و آن SUBNET MASK است.

با استفاده از SUBNET MASK می‌توان تشخیص داد که در یک IP کدام بخش نشان‌دهنده NET ID و کدام بخش نشان‌دهنده HOST ID خواهد بود.

TABLE 3.3 Default Subnet Masks Associated with IP Address Classes

Address Class	Default Subnet Mask
A	255.0.0.0
B	255.255.0.0
C	255.255.255.0

SUBNET MASK تشکیل شده است از یک‌های پشت سر هم از سمت چپ که نشان‌دهنده NET ID و صفرهای پشت سر هم از سمت راست که نشان‌دهنده HOST ID است.

SUBNET MASK در کلاس A برابر با 255.0.0.0 است. پس بایت اول نشان‌دهنده‌ی NET ID و سه بایت دیگر نشان‌دهنده‌ی HOST ID است.

SUBNET MASK در کلاس B برابر با 255.255.0.0 است. پس دو بایت اول نشان‌دهنده‌ی NET ID و دو بایت دوم نشان‌دهنده‌ی HOST ID است.

SUBNET MASK در کلاس C برابر با 255.255.255.0 است. پس سه بایت اول نشان‌دهنده‌ی NET ID و بایت آخر نشان‌دهنده‌ی HOST ID است.

SUBNET MASK در کلاس D برابر با 255.255.255.255 است. این کلاس شامل قوانین بالا نمی‌شود و برای ارسال چند-پخشی MULTICAST در شبکه توسط پروتکل‌ها استفاده می‌شود.

همچنین کلاس E مربوط به IP‌هایی می‌شود که رزرو-شده هستند و افرادی که قصد اجاره‌ی IP دارند از این کلاس استفاده می‌کنند و در نهایت محدوده‌ی آخر که 255.255.255.255 را نشان می‌دهد برای BROADCAST کردن استفاده می‌شود

نکته: IP‌های خاصی وجود دارند که استفاده نمی‌شوند و عبارتند از:

- 127.0.0.0

این آدرس به عنوان برگشت به خود و یا Loop-Back استفاده می‌شود و از کاربردهای آن می‌توان به تست سالم بودن کارت شبکه و اطمینان از تنظیم درست مجموعه پروتکل‌های TCP/IP بر روی دستگاه اشاره کرد.

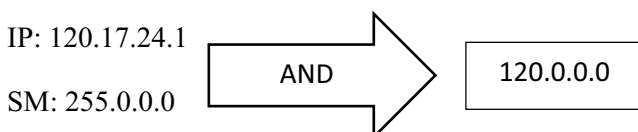
- 0.0.0.0

IP‌هایی که اکتد اول آن‌ها صفر است جهت default root رزرو شده است و نمی‌توان از آن استفاده نمود.

یافتن شناسه‌ی شبکه

با ضرب منطقی (AND) آدرس IP و Subnet Mask، NET ID را بدست می‌آوریم.

به عنوان مثال:



بعد از مشخص شدن NET ID می‌توان نحوه‌ی پرشدن IP‌های آن شبکه را بررسی کرد:

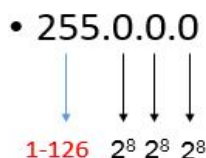
از کم‌ارزش‌ترین اکتد یعنی اکتد سمت راست شروع می‌نماییم و هر بار یک واحد به آن می‌افزاییم تا به 255 برسد:

- 120.0.0.1
- 120.0.0.2
- ...
- 120.0.0.255
- 120.0.1.1
- ...
- 120.0.1.255
- ...

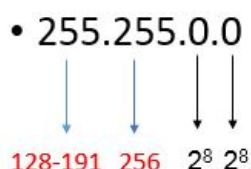
پس با مشخص نمودن NET ID و HOST ID به راحتی می‌توان با تغییر قسمت Host ID، IP‌های داخل یک شبکه را پر نمود.

حال می‌خواهیم بدانیم در هر یک از کلاس‌ها چه تعداد NET ID داریم و یا به عبارتی چه تعداد شبکه می‌توانیم داشته باشیم و در هر شبکه چه تعداد Host می‌توان قرار داد.

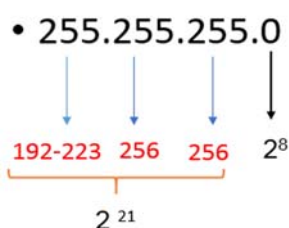
- در کلاس A یک اکتد معرف NET ID است. منتها این اکتد دارای محدودیتی است و نمی‌توان از کل بازه‌ی 0 تا 255 را برای NET ID استفاده کرد. در کلاس A، ۱۲۶ شبکه مجزا می‌توان داشت و ۲ تا ۲۲۴، Host ID خواهیم داشت.
- ✓ تغییر اکتد اول از سمت چپ نشان‌دهنده تغییر شبکه در این کلاس است.



- در کلاس B، ۲ اکتد مربوط به NET ID و ۲ اکتد نشان‌دهنده‌ی HOST ID است. بازه‌ی این کلاس از ۱۲۸ تا ۱۹۱ است، پس به تعداد 2^{14} شبکه‌ی مجزا در این کلاس خواهیم داشت و 2^{16} تا 2^{16} ، Host ID خواهیم داشت. عملاً 2^{14} شبکه داریم که در هر شبکه 2^{16} کامپیوتر می‌توان قرار داد.
- ✓ در کلاس B اگر اکتد دوم از سمت چپ تغییر کند شبکه عوض شده است.



- در کلاس C، ۳ اکتد مربوط به NET ID و ۱ اکتد نشان‌دهنده‌ی HOST ID است. در این کلاس 2^{21} شبکه داریم که داخل هر کدام 2^8 کامپیوتر می‌توان قرار داد.
- ✓ در کلاس C اگر اکتد سوم از سمت چپ تغییر کند شبکه عوض شده است.



نکته: داخل یک اکتد ۲۵۶ مقدار داریم، اما دو مقدار ۰ و ۲۵۵ در اکتد آخر برای IP دادن استفاده نمی‌شود؛ زیرا همان‌طور که در محاسبه‌ی Net ID ملاحظه نمودید اکتد آخر با مقدار صفر، آدرس شبکه را نشان می‌دهد و هیچ‌گاه از این آدرس برای IP دادن استفاده نمی‌شود و نیز اکتد آخر با مقدار ۲۵۵ به معنای ارسال Broadcast است و هر محدوده‌ی IP، broadcast IP مجزایی دارد.

با یک نگاه ساده به کلاس‌های A، B و C به راحتی می‌فهمیم که هر چه از کلاس A به سمت کلاس C می‌رویم قسمتی از IP که مربوط به NET ID است بلندتر و قسمت HOST ID کوتاه‌تر می‌شود.

پس اگر در شبکه‌ای تعداد هاست‌ها بسیار زیاد باشد انتخاب IP از کلاس A منطقی‌تر و هر چه تعداد هاست کم‌تر شود به سمت کلاس‌های B و در نهایت C می‌رویم. در جدول زیر به‌طور کلی تعداد IP‌های موجود در کلاس‌های مختلف را مشاهده می‌کنید.

class	تعداد بیت‌های شبکه	تعداد بیت‌های میزبان	تعداد میزبان
A	8	24	$2^{24}-2=16777214$
B	16	16	65534
C	24	8	254

IP در مجموع ۳۲ بیت است و از طریق IPv4 می‌توانیم ۲۳۲ آدرس در حدود ۴ میلیارد آدرس تولید کنیم. داخل یک شبکه نباید هیچ دو کامپیوتری آدرس یکسان داشته باشند. این مقدار برای کل دنیا کم است در نتیجه دسته‌بندی دیگری اضافه می‌کنیم. IP‌های ورژن ۴ به دو دسته عمومی (public) و خصوصی (private) تقسیم می‌شوند. IP‌های عمومی/public در شبکه‌ی اینترنت یکتا و قابل شناسایی هستند. سازمان‌ها در شبکه‌های خود از IP‌های خصوصی private استفاده می‌کنند.

دانستن این نکته ضروری است که IP‌های خصوصی قابل شناسایی در شبکه‌ی اینترنت نیستند و مستلزم ترجمه این آدرس‌ها به آدرس public است که بدین منظور از سرویس‌هایی چون NAT استفاده می‌شود. در جدول زیر بازه‌های IP‌های خصوصی را مشاهده می‌نمایید. مابقی IPv4 مربوط به public است و روی کامپیوترهای داخلی اینترنت یا سرورهای داخل اینترنت قرار دارند. نمی‌توان IP‌های عمومی اینترنتی را در داخل شبکه خصوصی استفاده کرد.

TABLE 3.4 Private Address Ranges

Class	Address Range	Default Subnet Mask
A	10.0.0.0 to 10.255.255.255	255.0.0.0
B	172.16.0.0 to 172.31.255.255	255.255.0.0
C	192.168.0.0 to 192.168.255.255	255.255.255.0

زیرشبکه‌سازی (SUBNETTING)

در بخش قبل ملاحظه کردید که تعداد IP‌های هر کلاس به چه صورت است. زیرشبکه‌سازی/subnetting بیان‌کننده‌ی این مطلب است که در صورت نیاز به تعداد IP‌های کمتر بهتر است زیر شبکه بسازیم، به عنوان مثال در صورتی که نیاز به ۳۰۰ آدرس IP داریم چرا با استفاده از کلاس B، ۶۵۵۳۴ عدد IP اضافه در شبکه داشته باشیم؟

قرض دادن بیت‌های HOST را به بیت‌های شبکه subnetting می‌گویند.

در زیرشبکه‌سازی دیگر قواعد کلاس‌ها را رعایت نمی‌کنیم. به این کار class-less addressing گفته می‌شود. از این روش در اکثر شبکه‌ها استفاده می‌شود.

مثال‌ها

شرکتی نیاز به ۶۲ عدد IP دارد (۶۲ عدد host). می‌خواهیم شبکه‌ای را راه‌اندازی کنیم. subnet mask مناسب چیست؟

$$H + 2 = 62 + 2 = 64 = 2^6$$

SM: 11111111.11111111.11111111.11000000

SM: 255.255.255.192

شرکتی نیاز به ۱۴ عدد IP دارد (۱۴ عدد host). می‌خواهیم شبکه‌ای را راه‌اندازی کنیم. subnet mask مناسب چیست؟

$$H + 2 = 14 + 2 = 16 = 2^4$$

subnet mask :255.255.255.00000000



255.255.255.240

می‌خواهیم دفتر تهران را به دفتر اهواز متصل کنیم. تنها به دو آدرس IP برای Router نیاز داریم. به عبارتی $\#hosts = 2$

اگر از کلاس C استفاده می‌کردیم، SM: 255.255.255.00000000 می‌بود. حال برای استفاده از subnetting کافی است که از سمت چپ (بیت با ارزش) شروع به قرض گرفتن کنیم. به عبارتی بدین صورت عمل می‌نماییم:

- $2^7 - 2 = 126$
- $2^6 - 2 = 62$
- $2^5 - 2 = 30$
- $2^4 - 2 = 14$
- $2^3 - 2 = 5$
- $2^2 - 2 = 2$

حال که به مقدار لازم رسیدیم متوجه شده‌ایم که اکتد آخر بدین صورت است: 11111100

پس خواهیم داشت SM: 255.255.255.252

در مثال فوق فرض کنیم #Hosts=590

کلاس B دارای SM: 255.255.0.0 است. حال در حالت داریم:

- $2^{10} - 2 = 1022$

پس SM:255.255.252.0 خواهد بود.

نکته: برای فهمیدن این موضوع که آیا دو آدرس IP متعلق به یک شبکه هستند یا خیر، کافی است که قسمت NET ID آن‌ها مشابه باشد که در حالت classless لازم به محاسبه است:

$$\left[\begin{array}{l} \bullet \text{ IP: } 192.168.20.20 \\ \bullet \text{ SM: } 255.255.255.0 \end{array} \right] \quad \left[\begin{array}{l} \text{IP: } 192.168.20.100 \\ \text{SM: } 255.255.255.0 \end{array} \right]$$

classful addressing

$$\left[\begin{array}{l} \text{IP: } 192.168.20.20 \\ \text{SM: } 255.255.255.240 \end{array} \right] \rightarrow 192.168.20.16 \quad \left[\begin{array}{l} \text{IP: } 192.168.20.100 \\ \text{SM: } 255.255.255.240 \end{array} \right] \rightarrow 192.168.20.96$$

classless addressing

برای اینکه یک شبکه‌ی بزرگ را به چند شبکه‌ی کوچکتر تقسیم کنیم، راه‌حل این است که تعداد بیت قسمت شبکه را بیشتر و در نتیجه تعداد بیت میزبان را کمتر کنیم. این کار با قرض کردن بیت‌های قسمت میزبان و اضافه کردن این بیت‌ها به قسمت شبکه صورت می‌گیرد.

حال سؤال این است که باید چند بیت را قرض بگیریم؟

یک فرمول ساده :

اگر تعداد حداقل IP‌های قابل استفاده مورد نظر ما بود، از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$2^h - 2 \geq N$$

۲ به توان h، منهای ۲؛ بزرگتر یا مساوی تعداد حداقل IP‌های قابل استفاده (N).
که در آن h تعداد بیت‌هایی است که از سمت چپ Host می‌شماریم تا تعداد بیت‌هایی که باید قرض بگیریم معلوم شود.

اگر تعداد Subnet‌های مورد نیاز، مطرح بود از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$2^n \geq s$$

۲ به توان n، بزرگتر یا مساوی تعداد Subnet‌های مورد نیاز (s).
که در آن n تعداد بیت‌هایی است که باید از سمت راست از Host قرض بگیریم و به Network اضافه کنیم.

مثال. شبکه 10.0.0.0 متعلق به سازمان ما می‌باشد. می‌خواهیم آن را طوری تقسیم کنیم که ۵ شبکه حاصل شود.

شبکه از Class A می‌باشد. پس :

Network	Host
00001010 .	00000000 . 00000000 . 00000000

حال فرمول را اعمال می‌کنیم:

$$2^n \geq 5$$

$$n = 3 \text{ پس}$$

حال ۳ بیت از Host قرض می‌گیریم و به Network اضافه می‌کنیم:

Network	Host
00001010 . 000	00000 . 00000000 . 00000000

اولین موردی که باید آنالیز کنیم Subnet Mask جدید است.

11111111.11100000.00000000.00000000

255.224.0.0

این Subnet Mask را می‌توانیم به صورت 11/ هم نمایش بدهیم.

N/ یعنی Subnet Mask به گونه‌ای است که در بخش Network آن، N عدد ۱ وجود دارد و قسمت Host آن N – 32 ، صفر دارد.

حال تمام حالت‌هایی را که با تغییر Network جدید (سه بیت اضافه شده) حاصل می‌شود را حساب می‌کنیم:

Network	Host
00001010 . 000	00000 . 00000000 . 00000000
00001010 . 001	00000 . 00000000 . 00000000
00001010 . 010	00000 . 00000000 . 00000000
00001010 . 011	00000 . 00000000 . 00000000
00001010 . 100	00000 . 00000000 . 00000000
00001010 . 101	00000 . 00000000 . 00000000
00001010 . 110	00000 . 00000000 . 00000000
00001010 . 111	00000 . 00000000 . 00000000

پس شبکه‌های جدید ما به این صورت خواهند بود:

- 10.0.0.0 /11
- 10.32.0.0 /11
- 10.64.0.0 /11
- 10.96.0.0 /11
- 10.128.0.0 /11
- 10.160.0.0 /11
- 10.192.0.0 /11
- 10.224.0.0 /11

به عنوان نمونه، شبکه سوم را آنالیز می‌کنیم:

شبکه 10.64.0.0 /11 :

Network	Host
00001010 . 010	00000 . 000000000 . 00000000

حالا برای اینکه NetID را به‌دست آوریم، تمام بیت‌های Host را صفر می‌کنیم:

Network	Host
00001010 . 010	00000 . 000000000 . 00000000

پس NetID می‌شود: 10.64.0.0

برای به‌دست آوردن آدرس Broadcast همه بیت‌های Host را یک می‌کنیم.

Network	Host
00001010 . 010	11111.111111111.11111111

پس Broadcast address می‌شود: 10.95.255.255

چون این دو آدرس را نمی‌توانیم به گره‌ها اختصاص دهیم، بنابراین اولین آدرس قابل استفاده می‌شود یکی بالاتر از NetID، به عبارتی:

Network	Host
00001010 . 010	00000 . 000000000 . 00000001

پس اولین آدرس این شبکه می‌شود: 10.64.0.1

آخرین آدرس شبکه نیز می‌شود یکی مانده به آدرس Broadcast یعنی:

Network	Host
00001010 . 010	11111.111111111.11111110

پس آخرین آدرس قابل استفاده در این شبکه می‌شود: 10.95.255.254

تعداد آدرس IP قابل استفاده در شبکه : ۲ به توان ۲۱ منهای ۲

که می‌شود ۲۰۹۷۱۵۰ آدرس IP

وقتی از شما می‌خواهند که شبکه‌ای را تحلیل کنید، بایستی موارد زیر را حساب کنید (مقادیر مربوط به مثال فوق است):

Subnet Mask	255.224.0.0
Network ID	10.64.0.0
First IP address	10.64.0.1
Last IP address	10.95.255.254
Broadcast address	10.95.255.255
Number of Available IP addresses	2097150

مثال. شبکه 172.16.0.0 را طوری Subnet کنید که در هر شبکه‌ی جدید ۳۰۰ آدرس IP قابل استفاده وجود داشته باشد. دومین شبکه‌ی به‌دست‌آمده را تحلیل کنید.

شبکه از Class B می‌باشد. پس:

Network	Host
10101100 . 00010000 .	00000000 . 00000000

حال فرمول را اعمال می‌کنیم:

$$(2^h) - 2 \geq 300$$

$$h = 9 \text{ پس}$$

یعنی باید حداقل ۹ بیت را به Host تخصیص دهیم. با این حساب $n = 7$.

حال یک بیت از Network قرض می‌گیریم و به Host اضافه می‌کنیم:

Network	Host
10101100 . 00010000 . 0000000	0 . 00000000

اولین موردی که باید آنالیز کنیم Subnet Mask جدید است.

11111111.11111111.11111110.00000000

255.255.254.0

این Subnet Mask را می‌توانیم به صورت 23/ نمایش بدهیم.

حال حالت‌های حاصل از Network جدید (7 بیت اضافه شده) را حساب می‌کنیم:

Network	Host
10101100 . 00010000 . 0000000	0 . 00000000
10101100 . 00010000 . 0000001	0 . 00000000
10101100 . 00010000 . 0000010	0 . 00000000
10101100 . 00010000 . 0000011	0 . 00000000
...	...

پس شبکه‌های جدید ما به این صورت خواهند بود :

- 172.16.0.0/23
- 172.16.2.0/23
- 172.16.4.0/23
- 172.16.6.0/23
- ...

شبکه‌ی دوم را تحلیل می‌کنیم:

شبکه 172.16.2.0/23:

Network	Host
10101100 . 00010000 . 0000001	0 . 00000000

حالا برای اینکه NetID را به دست آوریم، تمام بیت‌های Host را صفر می‌کنیم:

Network	Host
10101100 . 00010000 . 0000001	0 . 00000000

پس NetID می‌شود: 172.16.2.0

برای به دست آوردن آدرس Broadcast همه‌ی بیت‌های Host را یک می‌کنیم:

Network	Host
10101100 . 00010000 . 00000001	1 . 11111111

پس Broadcast address می‌شود: 172.16.3.255

چون این دو آدرس را نمی‌توانیم به گره‌ها اختصاص دهیم، بنابراین اولین آدرس قابل استفاده می‌شود یکی بالاتر از NetID، به عبارتی:

Network	Host
10101100 . 00010000 . 00000001	0 . 00000001

اولین آدرس این شبکه می‌شود: 172.16.2.1

آخرین آدرس این شبکه نیز می‌شود یکی مانده به آدرس Broadcast، یعنی :

Network	Host
10101100 . 00010000 . 00000001	1 . 11111110

آخرین آدرس قابل استفاده در این شبکه می‌شود: 172.16.3.254

تعداد آدرس IP قابل استفاده در شبکه : $2^9 - 2$

می‌شود ۵۱۰ آدرس IP

خلاصه‌ی تحلیل شبکه:

Subnet Mask	255.255.254.0
Network ID	172.16.2.0
First IP address	172.16.2.1
Last IP address	172.16.3.254
Broadcast address	172.16.3.255
Number of Available IP addresses	510

روش ساده‌تر برای زیرشبکه‌سازی (Easy subnetting)

محاسبه‌ی Net ID از طریق and کردن IP با subnet mask کار نسبتاً زمان‌بری است، به همین دلیل از روش دیگری برای محاسبه‌ی Net ID استفاده می‌کنیم:

IP: 192.168.0.70
SM: 255.255.255.224

SM: 255.255.255.224
 $Z = 256 - 224 = 32$

IP: 192.168.0.70

- 192.168.0.0
- 192.168.0.32
- 192.168.0.64 ⇐
- 192.168.0.96
- ...

- اکتدی که subnet شده است (یعنی صفر یا 255 نیست) را از 256 کم می‌کنیم (Z).
- در اکتدهایی از subnet mask که مقدار 255 دارد، همان مقادیر اکتدها را از IP پایین آورده و می‌نویسیم، و در جاهایی که subnet شده است 0 قرار می‌دهیم.
- عدد Z بیان‌گر این است که Net ID شبکه‌ها، Z تا Z تا افزایش پیدا می‌کند.
- بررسی می‌کنیم که IP داده شده در بازه‌ی کدام شبکه است.
- ابتدای آن بازه، Net ID مربوطه است.

نمادگذاری CIDR (Classless Inter-Domain Routing)

بعضی اوقات IP ها را به شکل زیر می‌نویسند:

192.168.200.11/30	Subnet Mask: 255.255.255.252
172.16.0.1/22	Subnet Mask: 255.255.252.0
10.0.0.1/8	Subnet Mask: 255.0.0.0
10.0.0.1/10	Subnet Mask: 255.192.0.0

عدد بعد از ممیز (/) نشان‌دهنده‌ی تعداد یک‌ها در subnet mask است.

به عنوان مثال: NETID های آدرس‌های زیر را محاسبه کنید.

- 172.16.50.1/19
- 10.127.1.1/10

پخش همگانی (Broadcast)

وقتی یک دستگاه بخواهد بسته‌ای را برای تمام دستگاه‌های درون شبکه ارسال کند از پخش همگانی (Broadcast) استفاده می‌کند. هنگامی که یک دستگاه بخواهد بسته‌ای را broadcast کند آدرس مقصد آن بسته را، آخرین آدرس IP آن شبکه قرار می‌دهد. وقتی آدرس مقصد یک بسته، آخرین IP شبکه باشد، همه‌ی سیستم‌ها متوجه می‌شوند که آن بسته، یک بسته اطلاعاتی Broadcast است، پس آن را دریافت می‌نمایند.

تذکر: آدرس Net ID و Broadcast را نمی‌توانیم بر روی سیستم‌ها set کنیم.
