

# IP Sub-networking Mini-Howto

---

Robert Hart, [hartr@interweft.com.au](mailto:hartr@interweft.com.au)

Русский перевод Ilgiz Kalmetev [ilgiz@mail.rb.ru](mailto:ilgiz@mail.rb.ru)

v1.0, 31 March 1997

Этот документ описывает зачем и как сделать подсеть IP сети - которая использует свои адреса класса А, В или С, чтобы корректно работать с несколькими взаимосоединенными сетями.

## Содержание

|   |          |
|---|----------|
| <b>1 Авторские права</b>                          | <b>1</b> |
| <b>2 Введение</b>                                 | <b>1</b> |
| <b>3 Анатомия адресов IP</b>                      | <b>2</b> |
| <b>4 Что такое подсеть?</b>                       | <b>4</b> |
| <b>5 Зачем нужны подсети?</b>                     | <b>4</b> |
| <b>6 Как разбить сетевые IP адреса на подсети</b> | <b>5</b> |
| <b>7 Маршрутизация</b>                            | <b>7</b> |

## 1 Авторские права

Этот документ распространяется под лицензией GNU (GPL).

Этот документ прямо поддерживается InterWeft IT Consultants (Melbourne, Australia).

Последняя версия данного документа доступна на InterWeft WWW [InterWeft IT Consultants http://www.interweft.com.au](http://www.interweft.com.au) и в Linux Documentation Project <http://sunsite.unc.edu/LDP>.

## 2 Введение

В связи с быстрой раздачей доступных адресов IP сетей под различные нужды становится очень важным эффективное использование этого дефицитного ресурса.

Этот документ описывает как разбить единую IP сеть так, чтобы ее можно было бы использовать как несколько различных сетей.

Этот документ ориентирован на IP сеть класса С - но принцип для сетей класса А и В точно такой же.

### 2.1 Другие источники информации

Есть множество других источников информации, которые предоставляют более детальную и глубокую информацию о IP адресах. Автор рекомендует вот эти источники:-

- Руководство сетевого администратора Linux <http://sunsite.unc.edu/LDP/LDP/nag/nag.html>
- Руководство системного администратора Linux <http://linuxwww.db.erau.edu/SAG/>.
- Администрирование TCP/IP сети от Craig Hunt, опубликованное O'Reilly and Associates <http://www.ora.com/catalog/tcp/noframes.html>.

## 3 Анатомия адресов IP

Перед обсуждением вопросов о подсетях, нам нужно узнать основные принципы IP адресации.

### 3.1 IP адреса назначаются интерфейсам - НЕ хостам!

Самое первое, что надо уяснить себе - IP назначаются не хостам. IP адреса назначаются сетевым интерфейсам хостов. Eh - как так?

Очень многие (если не большинство) компьютеров в IP сети имеют единственный сетевой интерфейс (и как следствие один IP адрес). Но компьютеры и другие устройства могут иметь несколько (если не больше) сетевых интерфейсов - и каждый интерфейс будет иметь свой собственный IP адрес.

Так устройство с 6 активными интерфейсами (например, маршрутизатор) будет иметь 6 IP адресов - по одному на каждый интерфейс в каждой сети, к которой он подключен. Причина этого станет ясной, если мы взглянем на IP сеть!

Подозреваю, что большинство людей имеют в виду хостовый адрес, когда ссылаются на IP адрес. Только помните, это просто сокращение IP адреса определенного интерфейса на этом хосту. Многие (если не большинство) из устройств в Internet имеют только один интерфейс и значит один IP адрес.

### 3.2 IP адреса в "точечной нотации"

В текущей (IPv4) реализации адресов IP, IP адреса состоят из 4 байт (8 бит) - дающих в совокупности 32 бита доступной информации. Это приводит к тому, что числа выглядят слишком большими (даже когда записаны в десятичном исчислении). Поэтому для читабельности (и по организационным причинам) IP адреса обычно записываются в "точечно-разделительной нотации". Вот пример IP адреса

192.168.1.24

- 4 (десятичных) числа, разделенных (.) точками.

Так как каждое из четырех чисел - это десятичное представление 8-битного байта, то каждое число может принимать значения от 0 до 255 (что дает 256 уникальных значений - помните, ноль - это тоже величина).

Кроме того, часть IP адреса хоста определяет сеть, в которой находится хост, а оставшиеся 'биты' IP адреса определяют сам хост (oops - сетевой интерфейс). То, сколько бит используется сетевым ID и сколько бит доступно для идентификации хостов (интерфейсов) в этой сети, определяется сетевыми 'классами'.

### 3.3 Классы IP сетей

Существует три класса IP адресов

- Класс А IP сетевых адресов использует левые 8 бит (самый левый октет) для указания сети, оставшиеся 24 бита (оставшиеся три октета) для идентификации интерфейса хоста в этой сети. Адреса класса А всегда имеют самый левый бит самого левого байта нулевым, то есть значения от 0 до 127 для первого октета в десятичной нотации. Таким образом доступно максимум 128 адресов сетей класса А, каждый из которых может содержать до 33,554,430 интерфейсов. Однако сети 0.0.0.0 (известная как маршрут по умолчанию) и 127.0.0.0 (loop back сеть) имеют специальное назначение и не доступны для использования в качестве идентификаторов сети. Поэтому доступно только 126 адресов сетей класса А.
- Класс В IP сетевых адресов использует левые 16 бит (два левых октета) для идентификации сети, оставшиеся 16 бит (последние два октета) указывают хостовые интерфейсы. Адрес класса В всегда имеет самые левые два бита установленными в 1 0. Таким образом для номера

сети остается 14 бит, что дает 32767 доступных сетей класса В. Первый октет адреса сети класса В может принимать значения от 128 до 191, и каждая из таких сетей может иметь до 32,766 доступных интерфейсов.

- Класс С IP сетевых адресов использует левые 24 бит (три левых октета) для идентификации сети, оставшиеся 8 бит (последний октет) указывает хостовый интерфейс. Адрес класса С всегда имеет самые левые три бита установленными в 1 1 0. Таким образом для номера сети остается 14 бит, что дает 4,194,303 доступных сетей класса В. Первый октет адреса сети класса В может принимать значения от 192 до 255, и каждая из таких сетей может иметь до 254 доступных интерфейсов. Однако сети класса С с первым байтом больше, чем 223, зарезервированы и не используются.

Итак:

| Сетевой класс | Диапазон значений первого байта (десятичный) |
|---------------|--|
| A             | от 1 до 126                                  |
| B             | от 128 до 191                                |
| C             | от 192 до 254                                |

Существует также специальные адреса, которые зарезервированы для 'несвязанных' сетей - это сети, которые используют IP, но не подключены к Internet. Вот эти адреса:-

- Одна сеть класса А 10.0.0.0
- 16 сетей класса В 172.16.0.0 - 172.31.0.0
- 256 сетей класса С 192.168.0.0 - 192.168.255.0

В дальнейшем вы заметите, что в данном документе используются именно эти адреса, чтобы предотвратить пересечение с 'настоящими' сетями и хостами.

### 3.4 Сетевые адреса, адреса интерфейсов и широковещательные адреса

IP адрес может означать одно из трех:-

- Адрес IP сети (группа IP устройств, имеющих доступ к общей среде передаче - например, все устройства в сегменте Ethernet). Сетевой адрес всегда имеет биты интерфейса (хоста) адресного пространства установленными в 0 (если сеть не разбита на подсети - как мы еще увидим);
- Широковещательный адрес IP сети (адрес для 'разговора' со всеми устройствами в IP сети). Широковещательные адреса для сети всегда имеют интерфейсные (хостовые) биты адресного пространства установленными в 1 (если сеть не разбита на подсети - опять же, как мы вскоре увидим).
- Адрес интерфейса (например Ethernet-адаптер или PPP интерфейс хоста, маршрутизатора, сервера печать итд). Эти адреса могут иметь любые значения хостовых битов, исключая все нули или все единицы - чтобы не путать с адресами сетей и широковещательными адресами.

Подытожим и уточним

- Для сети класса А ... (один байт под адрес сети, три байта под номер хоста)

|                |  |
|----------------|--|
| 10.0.0.0       | сеть класса А, потому что все хостовые биты равны 0.                             |
| 10.0.1.0       | адрес хоста в этой сети  |
| 10.255.255.255 | широковещательный адрес этой сети,<br>поскольку все сетевые биты установлены в 1 |

- Для сети класса В... (два байта под адрес сети, два байта под номер хоста)

172.17.0.0        сеть класса В  
172.17.0.1        адрес хоста в этой сети  
172.17.255.255 сетевой широковещательный адрес

- Для сети класса С... (три байта под адрес сети, один байт под номер хоста)

192.168.3.0        адрес сети класса С  
192.168.3.42      хостовый адрес в этой сети  
192.168.3.255     сетевой широковещательный адрес

Едва ли не все доступные сетевые IP адреса принадлежат классу С.

### 3.5 Сетевая маска

Сетевую маску более правильно называть подсетевой маской. Однако в основном говорят "сетевая маска".

Сетевая маска определяет как будут локально интерпретироваться IP адреса в сегменте IP сети, что для нас весьма важно, поскольку определяет процесс разбивки на подсети.

Стандартная (под-) сетевая маска - все сетевые биты в адресе установлены в '1' и все хостовые биты установлены в '0'. Это означает, что стандартные сетевые маски для трех классов сетей:-

- А класс - сетевая маска: 255.0.0.0
- В класс - сетевая маска: 255.255.0.0
- С класс - сетевая маска: 255.255.255.0

О сетевой маске нужно помнить три вещи:-

- Сетевая маска предназначена только для локальной интерпретации локальных IP адресов (где локальный значит - в том же сетевом сегменте);
- Сетевая маска - не IP адрес - она используется для локальной модификации интерпретации IP адреса.

## 4 Что такое подсеть?

Подсеть - метод, состоящий в том, чтобы взять сетевой IP адрес и локально разбить его так, чтобы этот один сетевой IP адрес мог в действительности использоваться в нескольких взаимосвязанных локальных сетях. Помните, один сетевой IP адрес может использоваться только для одной сети.

Ключевое слово здесь - "локально": вся мировая сеть из машин и физических сетей собрана из IP сетей, разбитых на подсети, и при этом ничего не нужно изменять - он остается целой IP сетью. Самое важное: разбиение на подсети - это локальная настройка, и оно не видно снаружи.

## 5 Зачем нужны подсети?

Причины разбиения сети на подсети кроются в ранних спецификациях IP, где существовало только несколько сетей класса А, в которых можно было разместить несколько миллионов хостов.

Соединение такого количества сайтов в одну сеть влечет за собой огромный трафик и проблемы администрирования: управление таким количеством машин превратится в кошмар, а сеть замрет под грузом собственного трафика.

Введем подсети: сетевой адрес класса А может быть поделен так, чтобы распределить его на несколько (если не больше) отдельных сетей. Управление каждой отдельной сетью можно легко делегировать.

Это позволяет устанавливать маленькие управляемые сети с использованием различных сетевых технологий. Вспомните, вы не можете смешивать Ethernet, Token Ring, FDDI, ATM итд в одной сети - однако они могут быть взаимосвязаны!

Другие причины создания подсетей:

- Физическая организация сайта может создавать ограничения (длина кабеля) на соединения в физической инфраструктуре, требуя создания нескольких сетей. Разбивка на подсети позволяет решить эту задачу в пределах IP окружения используя единственный IP адрес сети. В действительности этот метод широко используется ISP, которые хотят раздать своим подключенным по постоянным каналам клиентам статические IP адреса.
- Сетевой трафик слишком высок, что приводит к снижению производительности сети. Разбивкой сети на подсети трафик, относящийся к данному сетевому сегменту, может оставаться в локальных рамках - это обеспечивает сокращение общего трафика и повышение скорости сети без действительного расширения полосы пропускания сети;
- Требования безопасности могут заставлять разбивать пользователей на отдельные классы, которые не должны находиться в одной сети, так как трафик в сети может быть всегда перехвачен знающим пользователем. Разбивка на подсети позволяет предотвратить подглядывание трафика лицами из других подразделений компании.
- Вы используете оборудование с несовместимой сетевой технологией и нужно взаимодействовать с ним (как было описано выше).

## 6 Как разбить сетевые IP адреса на подсети

Допустим вы решили разбить вашу IP сеть на подсети, как вам это сделать? Ниже кратко перечислены шаги, которые потом будут разьяснены более подробно:

- Установите физические соединения (сетевые кабели и сетевые соединители - такие как маршрутизаторы);
- Решите насколько большие/маленькие подсети вам нужны, исходя из количества устройств, которое будет подключено к ним, то есть сколько IP адресов требуется использовать в каждом сегменте.
- Вычислите соответствующие сетевые маски и сетевые адреса;
- Раздайте каждому интерфейсу в каждой сети свой IP адрес и соответствующую сетевую маску;
- Установите маршруты на каждом маршрутизаторе и соответственно шлюзы, маршруты и/или маршруты по умолчанию на сетевых устройствах;
- Проверьте систему, исправьте ошибки и расслабьтесь!

Для примера, предположим, что разбиваем на подсети одну сеть класса C с адресом 192.168.1.0 Она может иметь до 254 интерфейсов (хостов) плюс адрес сети (192.168.1.0) и широкоэвещательный адрес (192.168.1.255).

### 6.1 Установка физических соединений

Вам нужно правильно установить кабели для всех устройств, которые вы хотите объединить, согласно вашему плану.

Вам также нужен механизм для соединения различных сегментов вместе (маршрутизаторы, конверторы среды передачи итд.).

Подробное разъяснение этого процесса выходит за рамки этого документа. Если вы нуждаетесь в помощи в данном вопросе, то существуют консультанты по разработке и установке сетей, которые предлагают такие услуги. Также вам могут помочь в разных группах новостей Usenet (таких как comp.os.linux.networking).

## 6.2 Размер подсети

Существует зависимость между количеством создаваемых вами подсетей и 'потраченными' IP адресами.

Каждая отдельная IP сеть имеет два адреса, неиспользуемые для интерфейсов (хостов), - IP адрес собственно сети и широковещательный адрес. При разбивке на подсети каждая подсеть требует свой собственный уникальный IP адрес сети и широковещательный адрес - и они должны быть корректно выбраны из диапазона адресов IP сети, которую вы делите на подсети.

Итак, разбив IP сеть на подсети, вы получаете две отдельные подсети, в которых есть два сетевых адреса и два широковещательных адреса - произошло увеличение 'неиспользуемых' интерфейсных (хостовых) адресов; создание 4 подсетей даст восемь неиспользуемых интерфейсных (хостовых) адресов итд.

Реально наименьшая используемая подсеть состоит из 4 IP адресов:-

- Два используемых IP адреса интерфейсов - один для интерфейса маршрутизатора в этой сети и один для хоста в этой сети.
- Один сетевой адрес.
- Один широковещательный адрес.

Почему нам захотелось создать такую крошечную сеть - это другой вопрос! С единственным хостом в сети, любое сетевое соединение должно уходить в другую сеть. Однако пример служит для показа закона уменьшения отдачи, который применим к подсетям.

В принципе, вы можете только поделить вашу IP сеть на  $2^n$  (где  $n$  - это количество бит в хостовой части вашего IP адреса сети) равных по размеру подсетей (однако вы можете разбивать подсеть на подсети или объединять подсети).

Реальные требования к организации вашей сети - вам нужно минимальное количество разделенных локальных сетей, которое должно соответствовать требованиям управления, физической реализуемости, оборудования и безопасности.

## 6.3 Вычисление сетевой маски и сетевых номеров

Сетевая маска - это то, что выполняет все логические манипуляции по разделению IP сети на подсети.

Сетевая маска для не-подсетевых адресов IP - это просто октеты разделенные точками, в которых все 'сетевые биты' адреса сети установлены в '1', а все хостовые биты в '0'.

Итак, для трех классов IP сетей стандартные сетевые маски:-

- Класс А (8 сетевых битов) : 255.0.0.0
- Класс В (16 сетевых битов): 255.255.0.0
- Класс С (24 сетевых бита): 255.255.255.0

Методика разбивки на подсети состоит в заимствовании одного или более доступных хостовых битов и соответствующей правке сетевой маски, что заставляет интерфейсы локально интерпретировать эти позаимствованные биты как часть сетевых битов. Так, чтобы разбить сетевой адрес на две подсети, мы должны позаимствовать один хостовый бит, установив соответствующий бит в сетевой маске первого (обычного) хостового бита в 1.

Для адресов класса С, это дает маску 11111111.11111111.11111111.10000000 или 255.255.255.128

Для нашего класса сети С адрес 192.168.1.0, существует несколько способов разбивки на подсети:-

| Число<br>подсетей | Число<br>хостов | Сетевая маска   |                                       |
|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|
| 2                 | 126             | 255.255.255.128 | (11111111.11111111.11111111.10000000) |
| 4                 | 62              | 255.255.255.192 | (11111111.11111111.11111111.11000000) |
| 8                 | 30              | 255.255.255.224 | (11111111.11111111.11111111.11100000) |
| 16                | 14              | 255.255.255.240 | (11111111.11111111.11111111.11110000) |
| 32                | 6               | 255.255.255.248 | (11111111.11111111.11111111.11111000) |
| 64                | 2               | 255.255.255.252 | (11111111.11111111.11111111.11111100) |

В принципе, нет никаких причин следовать приведенному выше способу разбивки на подсети, когда биты сетевой маски добавляются от наибольших значащих хостовых битов в сторону наименьших значащих хостовых битов. Однако, если вы не применяете этот способ, результирующие IP адреса будут следовать в весьма нечетной последовательности! Это весьма затрудняет человека в определении, какой подсети принадлежит IP адрес, так как мы не очень хорошо мыслим в двоичном исчислении (а вот компьютеры используют и будут использовать то исчисление, которое вы им укажете, с непоколебимым спокойствием).

Разобравшись и определив сетевую маску, вам нужно решить вопрос об адресах сетей и широковещательных адресах - и о диапазоне IP адресов для каждой из этих сетей. Снова, принимая во внимание только сетевые адреса класса C и показав только последнюю (хостовую) часть адресов, мы имеем:

| Сетевая маска | Подсети | Сеть | B'cast | MinIP | MaxIP | Хосты | Всего хостов |
|---------------|---------|------|--------|-------|-------|-------|--------------|
| 128           | 2       | 0    | 127    | 1     | 126   | 126   | 252          |
|               |         | 128  | 255    | 129   | 254   | 126   |              |
| 192           | 4       | 0    | 63     | 1     | 62    | 62    | 248          |
|               |         | 64   | 127    | 65    | 126   | 62    |              |
|               |         | 128  | 191    | 129   | 190   | 62    |              |
|               |         | 192  | 255    | 193   | 254   | 62    |              |
| 224           | 8       | 0    | 31     | 1     | 30    | 30    | 240          |
|               |         | 32   | 63     | 33    | 62    | 30    |              |
|               |         | 64   | 95     | 65    | 94    | 30    |              |
|               |         | 96   | 127    | 97    | 126   | 30    |              |
|               |         | 128  | 159    | 129   | 158   | 30    |              |
|               |         | 160  | 191    | 161   | 190   | 30    |              |
|               |         | 192  | 223    | 193   | 222   | 30    |              |
|               |         | 224  | 255    | 225   | 254   | 30    |              |

Как видно, эти последовательности чисел весьма определенные, что делает их очень легкими для проверки. Наглядно видно сокращение общего количества доступных хостовых адресов при увеличении количества подсетей.

Вооруженные этой информацией, вы готовы назначить хостовые и сетевые IP адреса и сетевые маски.

## 7 Маршрутизация

Если вы используете Linux PC с двумя сетевыми интерфейсами для маршрутизации двух (или более) подсетей, вы должны иметь включенным IP Forwarding в вашем ядре. Сделайте

```
cat /proc/ksyms | grep ip_forward
```

Вы должны получить в ответ что-то вроде...

```
00141364 ip_forward_Rf71ac834
```

Если этого нет, то IP-Fogwarding в вашем ядре не включен и вам потребуется перекомпилировать и установить ядро заново.

Ради этого примера, давайте предположим, что вы должны разбить вашу IP сеть класса C с адресом 192.168.1.0 на 4 подсети (по 62 IP адреса интерфейса/хоста каждая). Причем две из этих подсетей образуют вместе большую единую сеть, что дает три сети. Тогда:-

| Сеть          | Широковещательный | Сетевая маска   | Хосты           |
|---------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| 192.168.1.0   | 192.168.1.63      | 255.255.255.192 | 62              |
| 192.168.1.64  | 192.168.1.127     | 255.255.255.192 | 62              |
| 182.168.1.128 | 192.168.1.255     | 255.255.255.126 | 124 (см. прим.) |

**Примечание:** причина, по которой последняя сеть имеет только 124 используемых сетевых адреса (а не 126 как следует из задания сетевой маски) в том, что она в действительности 'суперсеть' из двух подсетей. Хосты двух других сетей будут интерпретировать 192.168.1.192 как сетевой адрес 'несуществующей' подсети. Также они будут считать 192.168.1.191 широковещательным адресом из 'несуществующей' подсети.

Итак, если вы используете 192.168.1.191 или 192 как адреса хостов в третьей сети, тогда машины в двух меньших сетях не смогут взаимодействовать с ними.

Этот пример демонстрирует важный принцип в подсетях - используемые адреса определяются НАИМЕНЬШЕЙ подсетью в том же адресном пространстве.

## 7.1 Таблицы маршрутизации

Давайте предположим, что компьютер с запущенным Linux работает как маршрутизатор для этой сети. Имеется три сетевых интерфейса в локальной сети и возможно четвертый интерфейс в Интернет (который должен быть маршрутом по умолчанию).

Давайте предположим, что компьютер с Linux использует наименьший доступный IP адрес в каждой подсети на его интерфейсе в этой подсети. Надо настроить эти сетевые интерфейсы так:

| Интерфейс | IP адрес      | Сетевая маска   |
|-----------|---------------|-----------------|
| eth0      | 192.168.1.1   | 255.255.255.192 |
| eth1      | 192.168.1.65  | 255.255.255.192 |
| eth2      | 192.168.1.129 | 255.255.255.128 |

Должна быть установлена такая маршрутизация:

| Destination   | Gateway | Genmask         | Iface |
|---------------|---------|-----------------|-------|
| 192.168.1.0   | 0.0.0.0 | 255.255.255.192 | eth0  |
| 192.168.1.64  | 0.0.0.0 | 255.255.255.192 | eth1  |
| 192.168.1.128 | 0.0.0.0 | 255.255.255.128 | eth2  |

В каждой из подсетей хосты должны быть настроены с их собственным IP адресом и сетевой маской (соответственно своей сети). Каждый хост должен считать Linux PC шлюзом/маршрутизатором, указав тот IP адрес компьютера с Linux, который смотрит в его подсеть.

Robert Hart Melbourne, Australia March 1997.