



# Архитектура компьютерных сетей



Останков Александр Иванович

# Internet Protocol Suite (IPS)

---

- ✓ **Internet Protocol Suite** – совокупность средств и методов, посредством которых реализовано большинство современных компьютерных сетей, от маленьких домашних до глобальной сети Internet. **TCP/IP** – это просто альтернативное и менее точное название IPS.
- ✓ IPS был создан в результате **открытого процесса стандартизации**, изобретенного в проекте **ARPAnet**, поэтому все документы, касающиеся устройства IPS открыто и бесплатно доступны в виде **RFC** (STD, FYI, BCP, Informational). Процесс стандартизации продолжается до сих пор. **IETF (Internet Engineering Task Force)** – это Standard Body Organization для IPS.
- ✓ **В рамках IPS** разработано и стандартизовано **множество различных протоколов** (более 2900 STD RFC). Кроме того, в составе протокольных стеков IPS успешно функционирует множество протоколов и интерфейсов, **стандартизованных другими Standard Bodies** (IEEE, ITU, ISO, IEC...), поэтому **IPS** это больше чем набор протоколов - **это наиболее развитая глобальная сетевая архитектура**.
- ✓ **Центральную роль** в архитектуре IPS играет **Internet Protocol (IP)**.



# Что такое Internet ?

---

- ✓ **Всемирная компьютерная сеть** общего пользования (Internet)
- ✓ **Способ построения** компьютерных сетей **в виде inter-network** (сокращенно **internet**): совокупность **отдельных сетей (networks)**, объединенных друг с другом при помощи межсетевых устройств, функционирующая как единая сеть. **Internet** — это тоже **internet** (aka **internetwork**).
- ✓ В IPS термин **сеть (network)** , изначально может использоваться:
  - для обозначения **звена передачи данных (link)**
  - для обозначения **обособленной системы звеньев и узлов**, которая интегрируется в более крупный **internetwork** как единое целое
- ✓ В последнем случае составные звенья такой обособленной сети называют **подсетями (subnetwork** или чаще **subnet**)



# Что такое Network (с точки зрения IPS)

---

**Network** — это коммуникационная система (среда), позволяющая двум или более узлам **передавать напрямую друг другу пакеты(кадры)**

Простейший вариант **network**: **двухточечная сеть** (aka **point-to-point network**):



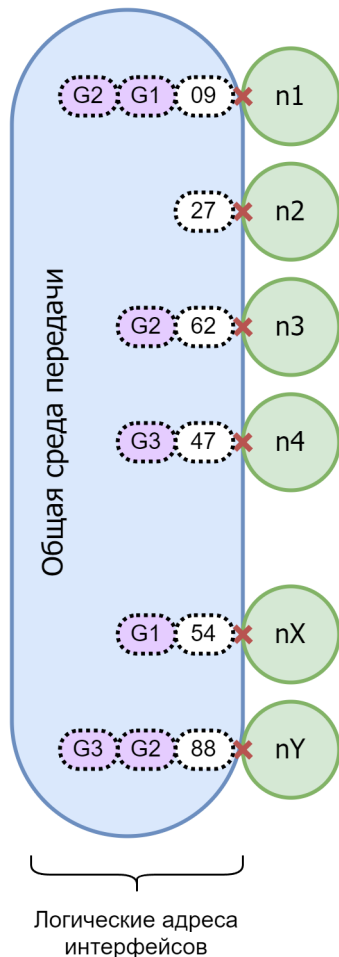
**Интерфейс** - точка **присоединения узла к сети**.

**Кадры**, передаваемые узлом **n1**, могут достичь лишь интерфейса узла **n2** и наоборот.

В **двухточечной сети** возможен **дуплексный режим** при котором **прием кадра** от соседнего узла может вестись **одновременно с передачей** другого **кадра** на **соседний узел**



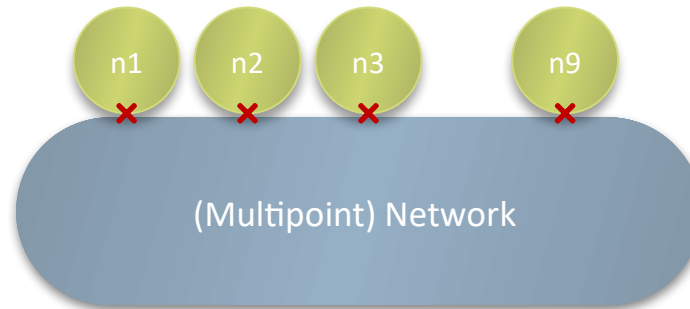
# Многоточечная сеть и её адресация



- ✓ Многоточечная сеть образуется подключением множества интерфейсов узлов к общей среде передачи данных. Это даёт возможность сигналу, передаваемому из любого интерфейса достичь всех интерфейсов, подключенных к этой среде
- ✓ Каждому интерфейсу сети назначено одно или несколько значений адресов – цифровых кодов, которые указываются в заголовке каждого передаваемого по сети кадра
- ✓ Интерфейс принимает кадр в том случае, если значение адреса в заголовке принимаемого кадра:
  - либо совпадает с одним из назначенных интерфейсу адресов
  - либо является специальным кодом “слушайте все” (aka broadcast address)
- ✓ Как правило, для каждого интерфейса в сети должен быть назначен уникальный собственный адрес, значение которого в сети больше нигде не должно встречаться
- ✓ Кроме собственного адреса, для интерфейса может быть назначено нужное количество групповых адресов, которые могут быть одновременно назначены многим интерфейсам

# Режимы передачи в многоточечной сети

---



Любой из **узлов многоточечной сети**, указывая соответствующее **значение адреса** в **заголовке кадра**, имеет возможность передать кадр в одном из **трех режимов**:

- **Широковещательном (broadcast)**, используя адрес **“слушайте все”** – такой кадр будет принят **всеми активными (действующими) интерфейсами сети**
- **Однонаправленном (unicast)**, используя **собственный адрес** – такой кадр может быть принят **только одним интерфейсом**, который владеет указанным адресом
- **Групповом (multicast)**, используя **групповой адрес** – такой кадр будет принят **группой интерфейсов**, которым был назначен указанный в кадре групповой адрес

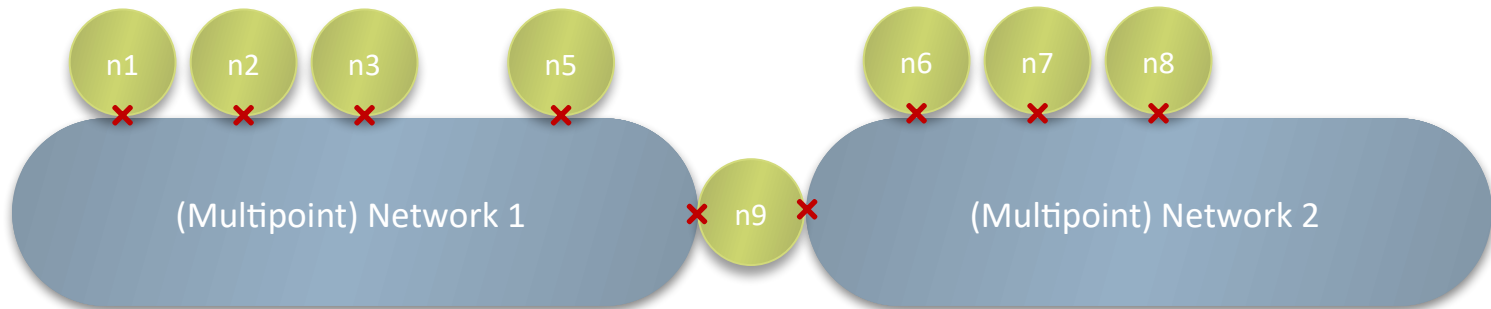


# Объединение сетей (internetworking)



- ✓ Среды передачи сетей *Network 1* и *Network 2* **изолированы друг от друга** и поэтому узел **n3** не имеет возможности общаться с узлами **n6, n7** и **n8**, поскольку **сигнал**, передаваемый **интерфейсом** узла **n3**, не попадает в среду передачи сети *Network 2*
- ✓ Тем не менее, путём установки дополнительного узла, имеющего интерфейсы как в *Network 1*, так и в *Network 2* возможно организовать **логическое объединение сетей — internetwork**

# Объединение сетей (internetworking)



- ✓ При организации *internetwork* объединяемые сети **сохраняют свою изначальную изолированность**: **n3** и **n6** по прежнему не могут отправлять пакеты напрямую друг другу
- ✓ Узел **n9** подключается **по двум отдельным интерфейсам** к обеим сетям
- ✓ Благодаря этому появляется возможность **передачи кадров через шлюз (gateway) n9** между узлами, подключенными к разным сетям, по маршруту:

**n3** -> Network 1 -> **n9** -> Network 2 -> **n6**



# Термины, применяемые в IPS

---

**Host (узел)** – (ПК, сервер, гаджет и т.п.), подключенный к сети и способный выполнять **коммутацию пакетов**

**Interface (интерфейс)** – точка подключения **узла к сети**

**Multihomed host** – **узел сети**, укомплектованный несколькими **сетевыми интерфейсами**

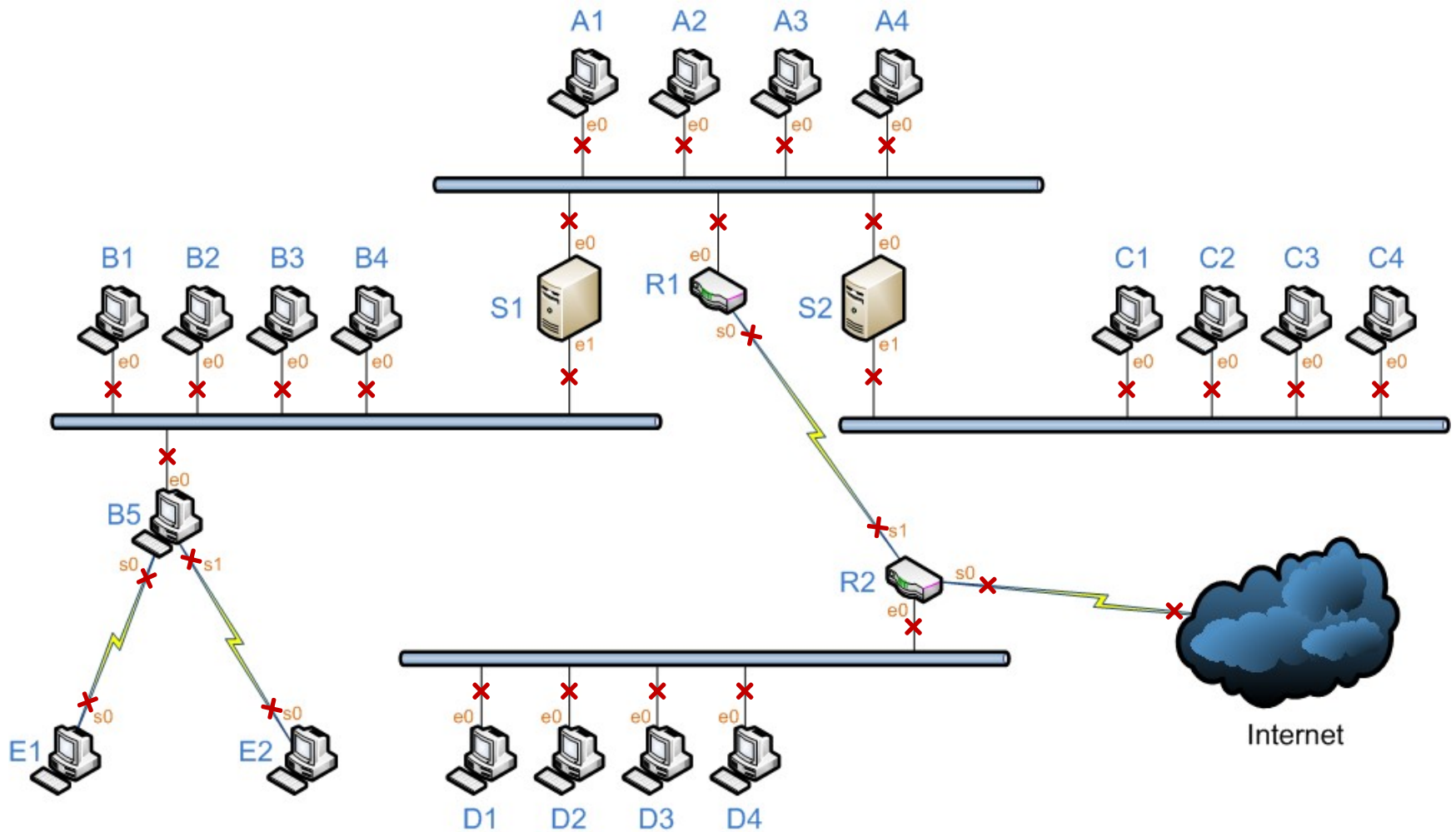
**Gateway (шлюз)** – multihomed host, подключенный к нескольким различным сетям и способный осуществлять транзит пакетов между своими интерфейсами

**Neighbors (соседи)** – множество интерфейсов (узлов), непосредственно подключенных к **сетям**, в которых данный узел имеет **интерфейсы**

**Hop (прыжок)** – действие по прямой передаче кадра между соседними узлами

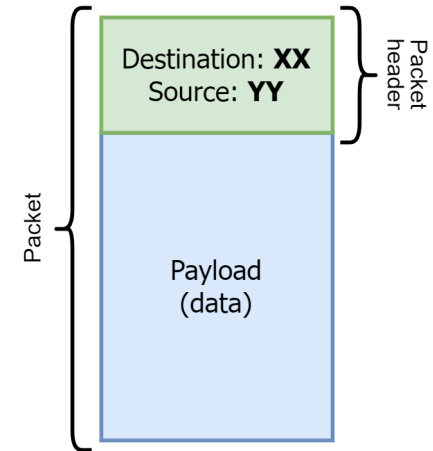


# Пример интерсети



# Основные принципы работы internetwork

- ✓ Узлы **internetwork** обеспечивают транспортировку множества **единиц трафика: пакетов (IP дейтаграмм)**, снабжённых **заголовком**
- ✓ В **заголовке** (для каждой IP дейтаграммы), прежде всего, содержится **адресная информация**:
  - **Адрес назначения** дейтаграммы (**destination address**)
  - **Адрес отправителя** дейтаграммы (**source address**)
- ✓ На каждом **узле** должен функционировать модуль **протокола IP (Internetwork protocol)**, относящегося к **сетевому уровню**. В этот модуль (по очереди) **доставляются все IP дейтаграммы**, **принимаемые интерфейсами** или поступающие от **модулей транспортного уровня**
- ✓ **IP модуль** для каждой поступающей **IP дейтаграммы** **определяет действие (action)** которое должно быть предпринято. Действие выбирается **по таблицам настроек IP модуля** на основании **данных заголовка IP дейтаграммы**
- ✓ **IP модуль** иницирует исполнение **выбранного действия**, передавая IP дейтаграмму **соответствующему модулю канального или транспортного уровней**, либо сбрасывает (discards) IP дейтаграмму
- ✓ В результате **исполнения действия IP дейтаграмма** может быть доставлена: либо одному из **непосредственных соседей (neighbor)**, либо в **локальный SAP**



# Адресация в internetwork

---

- ✓ Адреса в сетях необходимы, прежде всего, для того, чтобы в заголовке PDU была возможность указать в какую точку топологии сети его (PDU) требуется доставить
  - ✓ Адресация требуется на нескольких уровнях сетевой модели:
    - на канальном уровне в масштабе отдельного звена необходимо указывать интерфейс (при unicast) или группу интерфейсов (при multicast/broadcast) которые должны принять кадр
    - на сетевом уровне в масштабе сети/internetwork необходимо указать IP модуль, обслуживающий конечный узел куда требуется доставить пакет
    - на транспортном уровне в масштабе узла необходимо указать конкретный экземпляр SAP
    - ....
  - ✓ Значения адресов назначаются адресуемым элементам сетевой архитектуры таким образом, чтобы не возникала неоднозначность при доставке. Чем больше масштаб адресации – тем сложнее обеспечивать однозначность
  - ✓ Адресация сетевого уровня имеет самый широкий масштаб: требуются значения, уникально идентифицирующие IP модули во всей огромной сети Internet.
  - ✓ В IPS на сетевом уровне, в качестве адресуемого элемента выступает сетевой интерфейс, а не узел сети (как полагает большинство)!
  - ✓ В качестве значений сетевых адресов в IPS используются IP адреса: IPv4, IPv6
- 



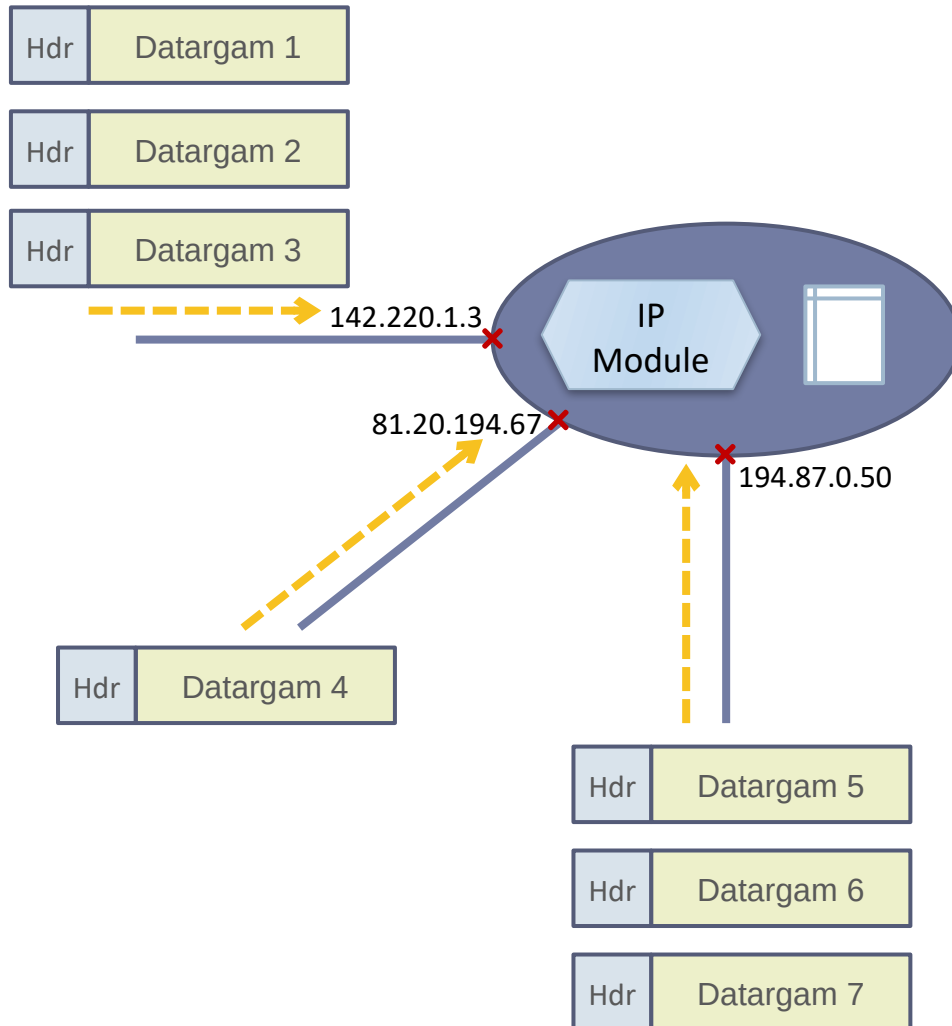
# Функционал IP адресов

---

- ✓ значение IP адреса должно однозначно идентифицировать:
  - точку доставки пакета в сети (для режима unicast)
  - логическую группу получателей данных (для режимов multicast, broadcast)
  - точку в сети, куда следует доставлять уведомления об ошибках
- ✓ в качестве точек доставки на сетевом уровне IP могут выступать только интерфейсы
- ✓ каждому сетевому интерфейсу узла может быть назначено несколько IP адресов
- ✓ таким образом, у каждого узла может быть несколько IP адресов
- ✓ доставка пакета до определённого сетевого интерфейса (IP адреса назначения) означает доставку данных до SAP определённого узла, которому принадлежит этот интерфейс
- ✓ при создании SAP программный код имеет возможность указать конкретные IP адреса назначения (они должны принадлежать интерфейсам узла!), на которые SAP реагирует. По умолчанию SAP привязываются ко всем IP адресам интерфейсов узла
- ✓ IP адрес как точка доставки действует только пока сетевой интерфейс активен/подключен (в состоянии Up), при отключении интерфейса (перевода его в состояние Down) точка доставки также деактивируется



# Коммутация IP пакетов



## IP модуль:

- Обработывает входящие пакеты **друг за другом** в порядке их поступления (по одному за раз)
- (для каждого пакета) определяет предпринимаемое **действие по IP адресу назначения (Dst-IP)** из заголовка пакета
  - Передать пакет вышестоящему протоколу (**адрес достигнут**)
  - Передать напрямую соседу (**адрес соседа**)
  - Перенаправить для дальнейшего принятия решения на **сосед-шлюз**

# Структура IP адресов (версии 4)

---

IP адрес (v4) – это **целое 32-битное двоичное** число, например:

1100000010101000000000100000001 = 3232235777

10000001001000001100001001011010 = 2166407770

Всего существует  **$2^{32}$  возможных IP** адресов или 4 GiB (4 294 967 296 комбинаций)

Для записи IP адресов применяют комбинированную **октетно-десятичную нотацию**: 32-битный код разбивают на 4 байта (октета) и содержимое каждого из них по отдельности переводят в десятичное число. В итоге получается:

11000000 10101000 00000001 00000001 = 192.168.1.1

10000001 00100000 11000010 01011010 = 81.20.194.90

Каждый байт по отдельности может содержать целое число **от 0 до 255** ( $2^8-1$ ), поэтому весь диапазон возможных IP адресов (от минимального адреса, состоящего из 32 двоичных нулей, до максимального адреса из 32 двоичных единиц) составляет: 0.0.0.0 ÷ 255.255.255.255



# Арифметика IP адресов (версии 4)

---

IP адреса – это целые числа, поэтому их можно записать по порядку возрастания:

0.0.0.0





# Арифметика IP адресов (версии 4)

---

IP адреса – это целые числа, поэтому их можно записать по порядку возрастания:

0.0.0.0

0.0.0.1

0.0.0.2

.....



# Арифметика IP адресов (версии 4)

---

IP адреса – это целые числа, поэтому их можно записать по порядку возрастания:

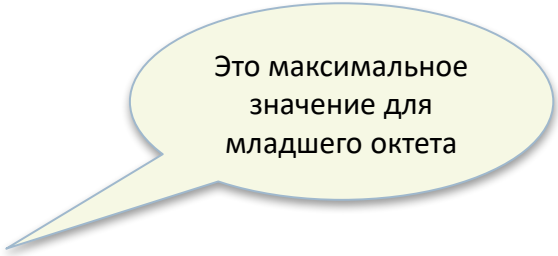
0.0.0.0

0.0.0.1

0.0.0.2

.....

0.0.0.255



Это максимальное  
значение для  
младшего октета



# Арифметика IP адресов (версии 4)

---

IP адреса – это целые числа, поэтому их можно записать по порядку возрастания:

0.0.0.0

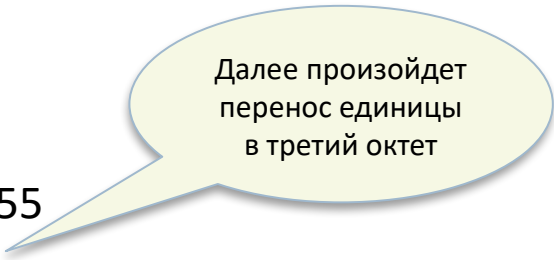
0.0.0.1

0.0.0.2

.....

0.0.0.255

0.0.1.0



Далее произойдет  
перенос единицы  
в третий октет



# Арифметика IP адресов (версии 4)

---

IP адреса – это целые числа, поэтому их можно записать по порядку возрастания:

0.0.0.0

0.0.0.1

0.0.0.2

.....

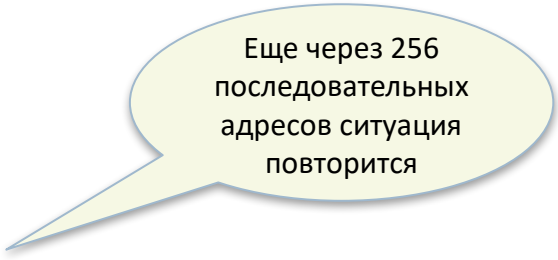
0.0.0.255

0.0.1.0

0.0.1.1

.....

0.0.1.255



Еще через 256  
последовательных  
адресов ситуация  
повторится



# Арифметика IP адресов (версии 4)

---

IP адреса – это целые числа, поэтому их можно записать по порядку возрастания:

0.0.0.0

0.0.0.1

0.0.0.2

.....

0.0.0.255

0.0.1.0

0.0.1.1

.....

0.0.1.255

0.0.2.0



# Арифметика IP адресов (версии 4)

---

IP адреса – это целые числа, поэтому их можно записать по порядку возрастания:

0.0.0.0

0.0.0.1

0.0.0.2

.....

0.0.0.255

0.0.1.0

0.0.1.1

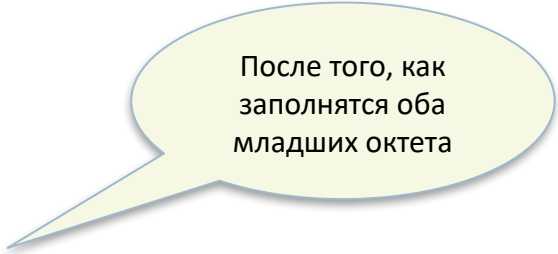
.....

0.0.1.255

0.0.2.0

.....

0.0.255.255



После того, как  
заполнятся оба  
младших октета



# Арифметика IP адресов (версии 4)

---

IP адреса – это целые числа, поэтому их можно записать по порядку возрастания:

0.0.0.0

0.0.0.1

0.0.0.2

.....

0.0.0.255

0.0.1.0

0.0.1.1

.....

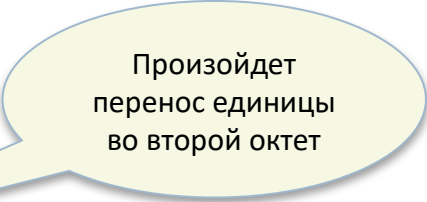
0.0.1.255

0.0.2.0

.....

0.0.255.255

0.1.0.0



Произойдет  
перенос единицы  
во второй октет

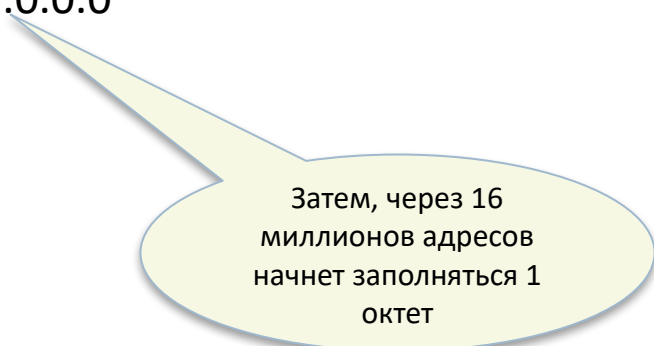


# Арифметика IP адресов (версии 4)

---

IP адреса – это целые числа, поэтому их можно записать по порядку возрастания:

0.0.0.0	0.2.0.1
0.0.0.1	.....
0.0.0.2	0.2.255.255
.....	0.3.0.0
0.0.0.255	.....
0.0.1.0	0.255.255.255
0.0.1.1	1.0.0.0
.....	
0.0.1.255	
0.0.2.0	
.....	
0.0.255.255	
0.1.0.0	
.....	
0.1.255.255	
0.2.0.0	



Затем, через 16 миллионов адресов начнет заполняться 1 октет

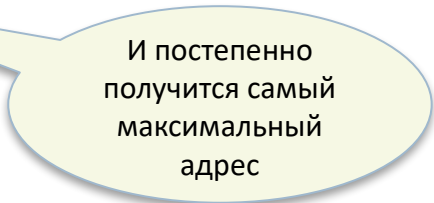


# Арифметика IP адресов (версии 4)

---

IP адреса – это целые числа, поэтому их можно записать по порядку возрастания:

0.0.0.0	0.2.0.1
0.0.0.1	.....
0.0.0.2	0.2.255.255
.....	0.3.0.0
0.0.0.255	.....
0.0.1.0	0.255.255.255
0.0.1.1	1.0.0.0
.....	1.0.0.1
0.0.1.255	.....
0.0.2.0	1.255.255.255
.....	2.0.0.0
0.0.255.255	.....
0.1.0.0	255.255.255.255
.....	
0.1.255.255	
0.2.0.0	



И постепенно  
получится самый  
максимальный  
адрес

# Арифметика IP адресов (версии 4)

---

IP адреса – это целые числа, поэтому их можно записать по порядку возрастания:

0.0.0.0	0.2.0.1
0.0.0.1	.....
0.0.0.2	0.2.255.255
.....	0.3.0.0
0.0.0.255	.....
0.0.1.0	0.255.255.255
0.0.1.1	1.0.0.0
.....	1.0.0.1
0.0.1.255	.....
0.0.2.0	1.255.255.255
.....	2.0.0.0
0.0.255.255	.....
0.1.0.0	255.255.255.255
.....	
0.1.255.255	
0.2.0.0	

Таким образом, изменение в третьем октете (1.2.3.4) возникает **через 256** последовательных IP адресов.

Изменение во 2 октете (1.2.3.4) возникает **через  $256 * 256 = 65536$**  посл. адресов

А для изменения в 1 октете (1.2.3.4) необходимо уже  **$256 * 256 * 256 = 16777216$**  посл. адресов



# Диапазоны IP адресов (версии 4)

---

**Диапазон** – это множество IP адресов **содержащее все последовательные адреса** от некоего начального адреса **a.b.c.d** до конечного адреса **e.f.g.h**. Например:

192.168.1.1 ÷ 192.168.2.15 (диапазон содержит ??? адресов)



# Диапазоны IP адресов (версии 4)

---

**Диапазон** – это множество IP адресов **содержащее все последовательные адреса** от некоего начального адреса **a.b.c.d** до конечного адреса **e.f.g.h**. Например:

192.168.1.1 ÷ 192.168.2.15 (диапазон содержит 271 адрес)

В частном случае возможен диапазон **из одного единственного** адреса.



# Диапазоны IP адресов (версии 4)

---

**Диапазон** – это множество IP адресов **содержащее все последовательные адреса** от некоего начального адреса **a.b.c.d** до конечного адреса **e.f.g.h**. Например:

192.168.1.1 ÷ 192.168.2.15 (диапазон содержит 271 адрес)

В частном случае возможен диапазон **из одного единственного** адреса.

**Двоичный блок IP адресов** – это диапазон, обладающий следующими свойствами:

- Количество адресов в диапазоне -  $2^n$
- **Начальный адрес** диапазона должен быть **кратен  $2^n$**

Примеры правильных двоичных блоков:

192.168.1.0 ÷ 192.168.1.255 (блок содержит 256 адресов)

192.168.2.64 ÷ 192.168.2.127 (блок содержит 64 адреса)

10.231.18.0 ÷ 10.231.19.255 (блок содержит ??? адреса)



# Диапазоны IP адресов (версии 4)

---

**Диапазон** – это множество IP адресов **содержащее все последовательные адреса** от некоего начального адреса **a.b.c.d** до конечного адреса **e.f.g.h**. Например:

192.168.1.1 ÷ 192.168.2.15 (диапазон содержит 271 адрес)

В частном случае возможен диапазон **из одного единственного** адреса.

**Двоичный блок IP адресов** – это диапазон, обладающий следующими свойствами:

- Количество адресов в диапазоне -  $2^n$
- **Начальный адрес** диапазона должен быть **кратен  $2^n$**

Примеры правильных двоичных блоков:

192.168.1.0 ÷ 192.168.1.255 (блок содержит 256 адресов)

192.168.2.64 ÷ 192.168.2.127 (блок содержит 64 адреса)

10.231.18.0 ÷ 10.231.19.255 (блок содержит 512 адресов)



# Свойства блоков IP адресов (версии 4)

---

Двоичное представление IP адресов, образующих **правильный блок** имеет **характерную структуру**:

110000001010100000000001001000000 – 192.168.2.64

110000001010100000000001001000001 – 192.168.2.65

110000001010100000000001001000010 – 192.168.2.66

110000001010100000000001001000011 – 192.168.2.67

.....

110000001010100000000001001111100 – 192.168.2.124

110000001010100000000001001111101 – 192.168.2.125

110000001010100000000001001111110 – 192.168.2.126

110000001010100000000001001111111 – 192.168.2.127



# Свойства блоков IP адресов (версии 4)

Двоичное представление IP адресов, образующих **правильный блок** имеет **характерную структуру**:

11000000101010000000001001000000	– 192.168.2.64
11000000101010000000001001000001	– 192.168.2.65
11000000101010000000001001000010	– 192.168.2.66
11000000101010000000001001000011	– 192.168.2.67
.....	
11000000101010000000001001111100	– 192.168.2.124
11000000101010000000001001111101	– 192.168.2.125
11000000101010000000001001111110	– 192.168.2.126
11000000101010000000001001111111	– 192.168.2.127

Префикс

Суффикс

Для всех адресов блока **значение битов префикса одинаковое**, а значение суффикса «пробегает» все последовательные значения от **0..000** до **1..111**

Для блока размером  **$2^n$**  количество битов в суффиксе равно  **$n$** , а количество битов в префиксе  **$(32-n)$**



# Способы записи блоков IP адресов

---

Каждый правильный блок полностью описывается **двумя параметрами**:

- Начальным (минимальным) адресом диапазона;
- Длиной префикса в битах.

Такая форма представления называется **CIDR-нотацией**. Например:

192.168.1.0/24 это диапазон 192.168.1.0 ÷ 192.168.1.255

10.231.18.0/23 это диапазон 10.231.18.0 ÷ 10.231.19.255

Альтернативной (и более старой) является форма, когда вместо длины префикса указывается **маска сети (Netmask)**.

**Маска сети** – это псевдо IP адрес, представляющий собой 32-битный код (маску), у которого биты префикса блока установлены в 1, а биты суффикса равны 0.

Для 192.168.1.0/24 маска сети будет 255.255.255.0 или в двоичной форме:

11111111 11111111 11111111 00000000 (длина префикса – 24 бита)

Для 10.231.18.0/23 маска сети будет 255.255.254.0 или в двоичной форме:

11111111 11111111 11111110 00000000 (длина префикса – 23 бита)



# Зависимость префиксов, масок и блоков

Длина префикса/сетевая маска определяют **размер блока** (количество IP в блоке):

/n	Netmask	32-n	Размер	/n	Netmask	32-n	Размер
/32	255.255.255.255	0	1	/18	255.255.192.0	14	16384
/31	255.255.255.254	1	2	/17	255.255.128.0	15	32768
/30	255.255.255.252	2	4	/16	255.255.0.0	16	65536
/29	255.255.255.248	3	8	/15	255.254.0.0	17	131072
/28	255.255.255.240	4	16	/14	255.252.0.0	18	262144
/27	255.255.255.224	5	32	/13	255.248.0.0	19	524288
/26	255.255.255.192	6	64	/12	255.240.0.0	20	1 Mi
/25	255.255.255.128	7	128	/11	255.224.0.0	21	2 Mi
/24	255.255.255.0	8	256	/10	255.192.0.0	22	4 Mi
/23	255.255.254.0	9	512	/9	255.128.0.0	23	8 Mi
/22	255.255.252.0	10	1024	/8	255.0.0.0	24	16 Mi
/21	255.255.248.0	11	2048	/7	254.0.0.0	25	32 Mi
/20	255.255.240.0	12	4096	...	.....		
/19	255.255.224.0	13	8192	<b>/0</b>	<b>0.0.0.0</b>	<b>0</b>	<b>4 Gi</b>

# Виды IP адресов

Обычные адреса			Особые	
0.0.0.0 Class A	128.0.0.0 Class B	192.0.0.0 Class C	224.0.0.0 Class D	240.0.0.0 Class E

Обычные адреса могут назначаться на сетевые интерфейсы:

- **Класс A:** 128 сетей по 16777216 (0.0.0.0-127.255.255.255)
- **Класс B:** 64\*256=16384 сетей по 65536 (128.0.0.0-191.255.255.255)
- **Класс C:** 32\*256\*256=2097152 сетей по 256 (192.0.0.0-223.255.255.255)

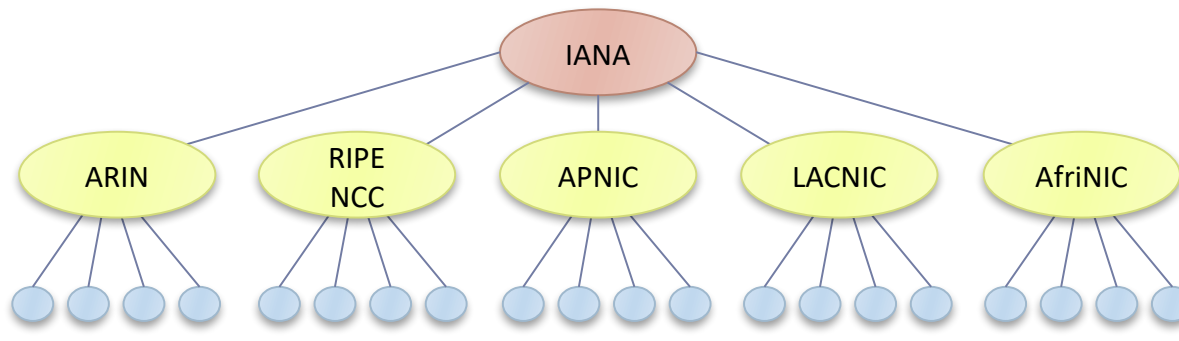
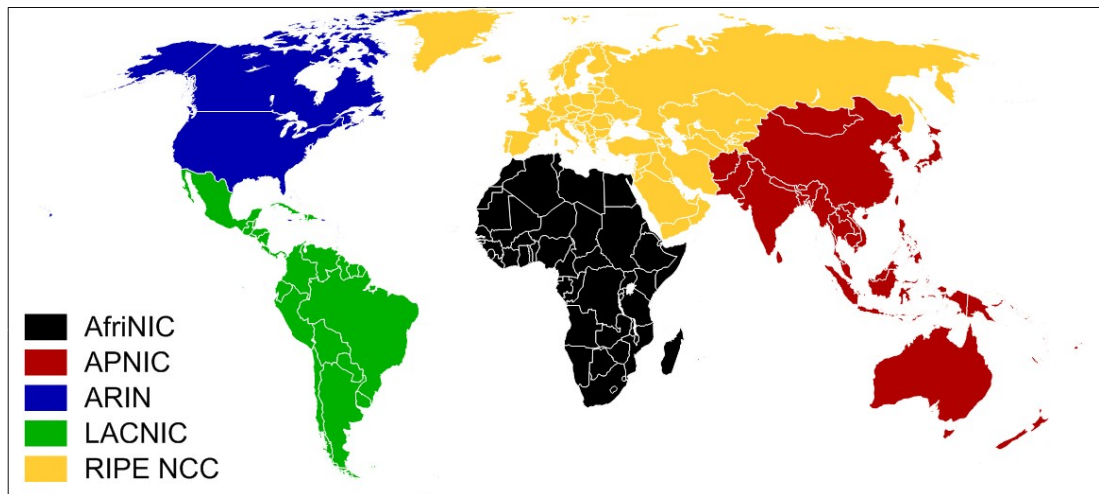
Особые адреса не могут использоваться для назначения интерфейсам:

- **Класс D:** адреса для Multicast (групповые адреса) (224.0.0.0-239.255.255.255)
- **Класс E:** зарезервированные адреса (240.0.0.0-255.255.255.255)

В 1993 году (RFC-1518) деление на классы обычных адресов было упразднено и теперь весь диапазон 0.0.0.0-223.255.255.255 рассматривается как **единый пул** (массив ресурсов) из которого производится **выделение (allocation)** и **назначение (assignment)** блоков адресов.

# Процесс распределения уникальных адресов

Так называемые «**белые**» IP адреса должны быть **уникальными**. Т.е. во всей сети Internet не должно быть более одного интерфейса с конкретным IP адресом.



Regional Internet  
Registries (RIR)

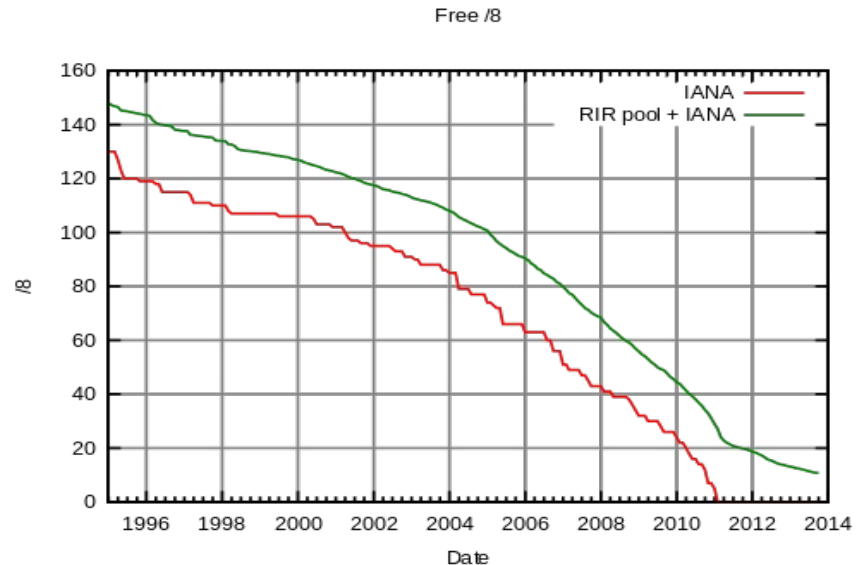
Internet Service  
Providers (ISP)

# Исчерпание IPv4 адресов и частные адреса

Всего существует около **3,7 млн.** возможных уникальных («белых») IP адресов. Еще в 1991 году стало понятно, что их явно недостаточно и на сегодняшний момент этот ресурс **практически исчерпан**.

До всеобщего перехода на IPv6, где используются 128-битные адреса (около  $3,4 * 10^{38}$  возможных адресов) было предложено два решения:

- **Отмена классов** и переход на выделение адресов **блоками нужного размера** (Classless Inter-Domain Internet Routing – **CIDR**)
- Использование **частных** (**RFC 1918**) IP адресов там, где не требуется непосредственная связность (end to end connectivity):
  - **10.0.0.0-10.255.255.255**: 16777216 адресов (1 сеть класса A)
  - **172.16.0.0-172.31.255.255**: 1048576 адресов (16 сетей класса B)
  - **192.168.0.0-192.168.255.255**: 65536 адресов (256 сетей класса C)



# Частные vs уникальные IP адреса

Частные IP адреса	Уникальные IP адреса
Предназначены для использования внутри локальной (обособленной) сети	Предназначены для назначения на интерфейсы, напрямую адресуемые в глобальной сети Internet
Связь с другими узлами Internet возможна только через шлюз, имеющий уникальный IP адрес и оборудованный NAT или Proxu	Возможен непосредственный обмен пакетами с любым другим узлом Internet с уникальным IP
Могут назначаться без согласования из блоков, определенных в RFC 1918	Требуют предварительного получения у ISP блока адресов, назначенного для данного абонента
Большая свобода выбора из 17 млн. адресов RFC 1918	ISP выделяет лишь минимальное количество адресов – часто всего один

«Серые» IP адреса – как правило, частные IP адреса, которые могут выделяться ISP своим клиентам вместо уникальных IP адресов. Благодаря технологиям NAT с таких адресов возможна ограниченная связь с узлами Internet.



# IP адреса специального назначения

---

Диапазон	Кол-во	Назначение
0.0.0.0 /8	16 Mi	Адрес отправителя из данного диапазона обозначает "Эта сеть"
127.0.0.0 /8	16 Mi	Внутренняя псевдо-сеть узла (Loopback)
10.0.0.0 /8	16 Mi	Диапазоны для частной адресации (Private network) в соответствии с RFC-1918
172.16.0.0 /12	1 Mi	
192.168.0.0 /16	64 Ki	
100.64.0.0 /10	4 Mi	Shared address space («серые» адреса для ISP NAT)
169.254.0.0 /16	64 Ki	Местные адреса для сегмента сети (Link-Local)
224.0.0.0 /4	64 Mi	Адреса вещательного режима (Multicast) [Class E]
240.0.0.0 /4	64 Mi	Зарезервированный диапазон [Class D]
255.255.255.255	1	Широковещательный адрес ограниченного действия

