

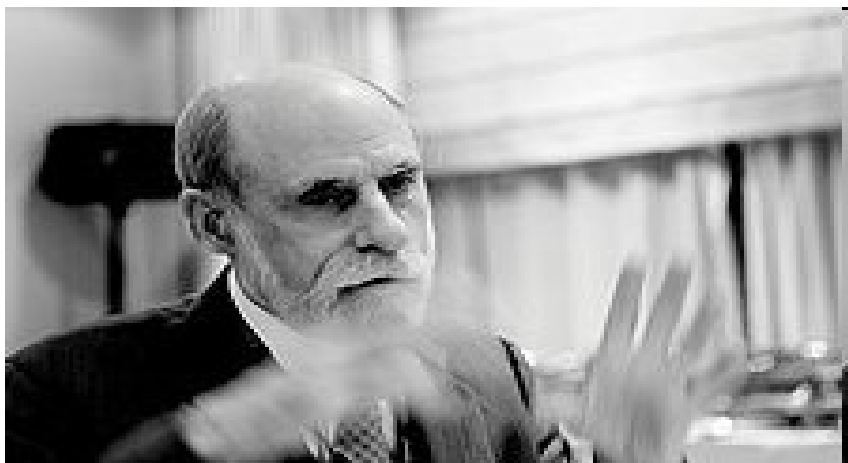
# 8. Мрежов протокол IPv4

Адресация, подмрежи и маски.  
CIDR

# Какво ще научим?

- Задачата на IP протокола
- Формат на IPv4 пакета
- Класове от IP адреси. Видове адреси според обхвата.
- Мрежи, подмрежи, маски, префикси
- CIDR и VLSM
- Разпределение на IP адреси в публичното пространство

# IP. История.



Съществуващите към момента различни мрежови методи трябвало да се унифицират. За целта **Robert E. Kahn** от ARPANET наема **Vinton Cerf** от Stanford University.

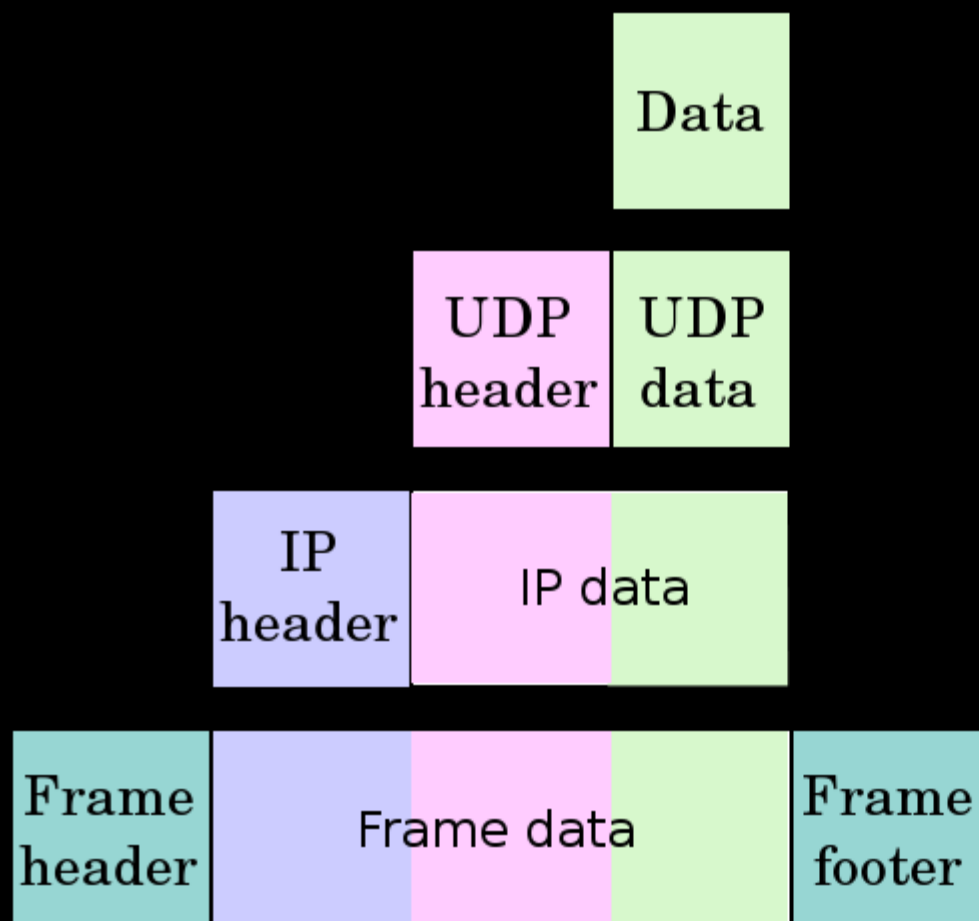
# IP. История.

Към 1973 г. Успяват сериозно да реформират мрежата, като различията между мрежовите протоколи се скриват под общ **internetwork protocol**, вместо мрежата да е отговорна за надеждността, както е в ARPANET, тя се прехвърля към хостовете.

През декември, 1974 г., излиза спецификацията:

**RFC 675 - Specification of Internet Transmission Control Program**

# Мястото на IP протокола



# Задачата на IP протокола

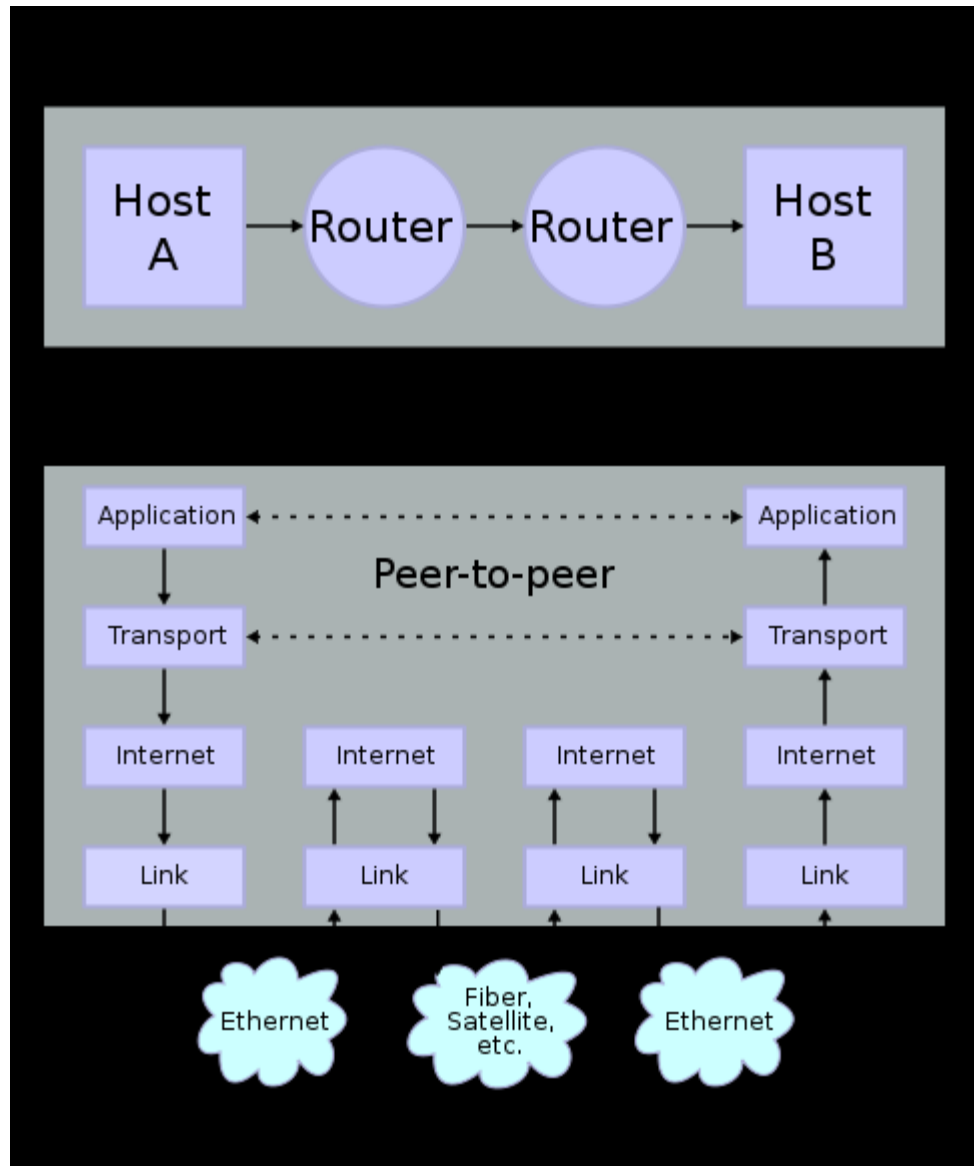
Задачата на протокола IP е да извърши успешно предаване на пакети от източника до получателя, без значение дали те са в една и съща мрежа или в различни мрежи. Транспортното ниво взима потоци от байтове и ги разделя на сегменти (TCP) или дейтаграми (UDP), които се “обличат” като пакети (наричат ги още дейтаграми). Пакетите могат на теория да достигнат 64KB, но за момента не са по-големи от 1500 байта.

# Задачата на IP протокола

Всеки пакет се изпраща самостоятелно, като по пътя може да се фрагментира на по-малки единици. Когато тези единици достигнат до получателя те се реасемблират от мрежовото ниво за получаване на оригиналния пакет.

По-нататък данните от този пакет се подават на транспортното ниво на получателя, което я вмъква в съответния поток от байтове.

# Задачата на IP протокола





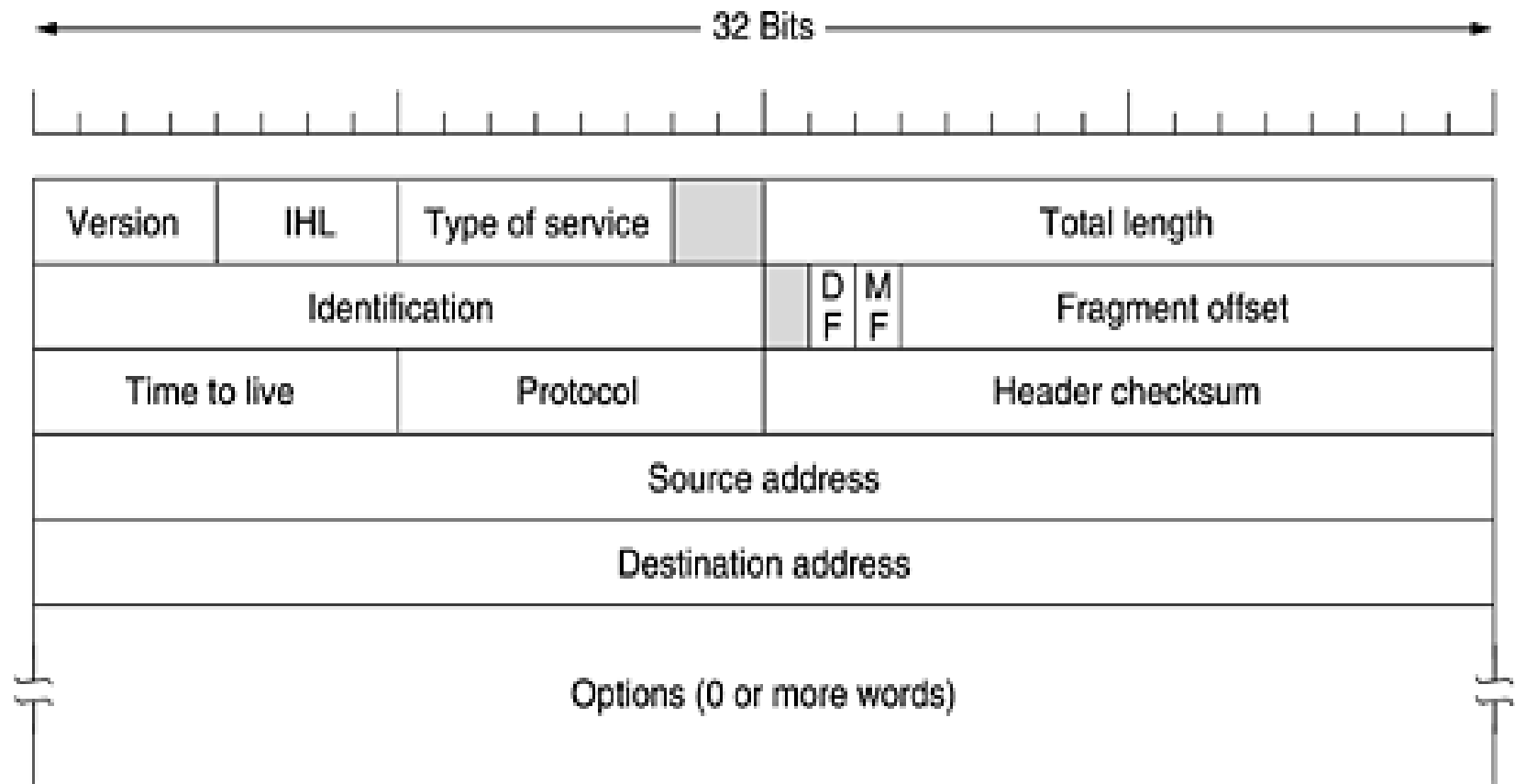
# Формат на IPv4 пакета

IP пакета във версия 4 е с 32-битови адреси.

Пакетът се предава в **Big-Endian** формат, т.е. от старшите към младшите битове.

IP пакетът се състои от **заглавна** част и част за **данни**. Заглавната част е 20B+опции с променлива дължина и има следния формат:

# Формат на IPv4 пакета



# Формат на IPv4 пакета

- Полето **Version** указва версията на протокола, към който принадлежи пакета.
- Полето **IHL** указва дължината на заглавната част в 32-битови думи. То е необходимо, тъй като полето Options има променлива дължина.
- **Минималната стойност е 5**, което отговаря на случая когато полето **Options** е празно.
- **Максималната стойност е 15**, което ограничава заглавната част до 60B, т.е. полето за опции до 40B.

# Формат на IPv4 пакета

- Полето **Type of service** показва какво обслужване очаква пакета. В днешно време се използва **DiffServ** (**Differentiated Services - QoS**) и **ECN** (**Explicit Congestion Notification** – и двете старни трябва да са съгласни да го използват).
- Полето **Total length** съдържа общата дължина на дейтаграмата (заглавна част + данни). Максималната дължина е 65535 байта.
- Полето **Identification** съдържа номер на пакета. Всички фрагменти на една и същ пакет имат еднакъв номер и по този начин получателя разбира кой фрагмент към коя дейтаграма принадлежи.

# Формат на IPv4 пакета

Флагът **DF** (don't fragment) указва на маршрутизаторите да не фрагментират пакета.

Всички автономни системи трябва да могат да приемат фрагменти от **поне 576 В**. Ако размерът на фрагментите е по-голям и флагът DF е 1, то пакета може да пропусне някоя автономна система с по-малка дължина на пакета, дори тя да се намира на оптималния маршрут.

# Формат на IPv4 пакета

- Флагът **MF** (more fragments) за всички фрагменти на пакета, освен последния е **1**, а за последния е **0**, т.е. дали **полученият фрагмент е последен** или не.
- Полето **Fragment offset** указва къде се намира фрагмента в оригиналната дейтаграма.
- Всички фрагменти, освен последния трябва да са с дължина кратна на 8 В.
- Fragment offset е **13 бита**, максималният брой фрагменти в една дейтаграма е **8192**.

# Формат на IPv4 пакета

Поле **Time to live (TTL)** е брояч, който отброява времето в секунди, има дължина **8 бита**, така че максималното време за живот е **255 секунди**.

Това поле се намалява с единица на всеки **hop**, а освен това се намалява с единица и за всяка секунда престой в маршрутизатор.

При **нулиране** пакета се премахва и в обратна посока се изпраща предупредителен пакет.

Поле **Protocol** указва протокола на транспортно ниво: **TCP** (transmission control protocol), **UDP** (user datagram protocol) или някой друг.

# Формат на IPv4 пакета

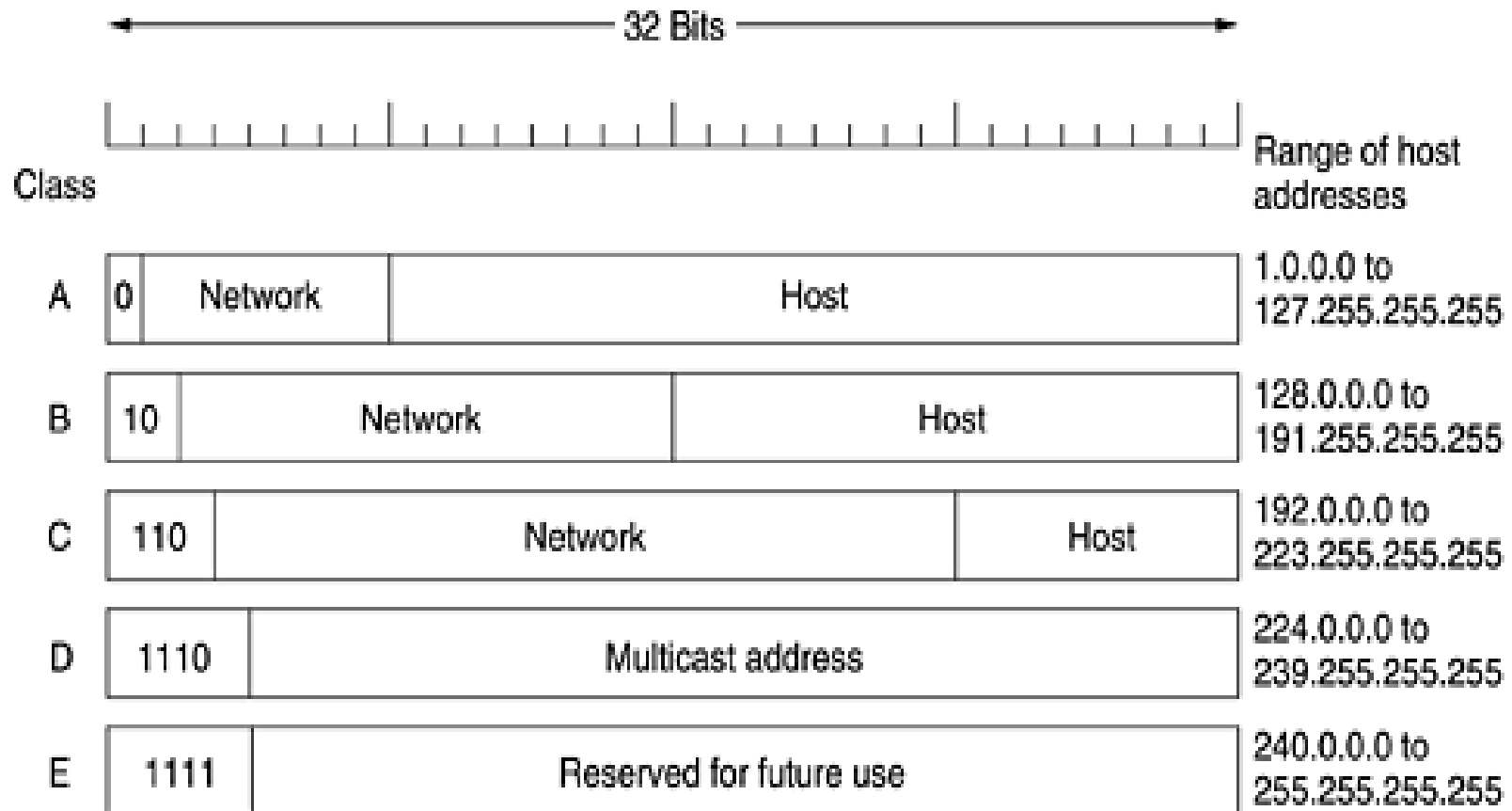
- Полето **Header checksum** е контролна сума само на заглавната част. Тя трябва да се преизчислява на всеки hop, тъй като поне едно поле се променя - TTL.
- Полетата **Source Address** и **Destination Address** съдържат съответно адрес на източника и адрес на получателя.



# Формат на IPv4 адреса

- Всеки хост и маршрутизатор в мрежата има IP-адрес.
- Всички IP-адреси са **32-битови**. Всеки IP адрес се **дели на две части** – номер на мрежа и номер на хост.
- **Номерът на мрежата (prefix)** е в лявата част на адреса, а **номерът на хоста** е останалата порция от битове в дясната част на адреса.
- В зависимост от структурата си IP-адресите се делят на следните пет класа:

# Класове от IP адреси



# Класове от IP адреси

Битовете в началото на адреса, които определят неговия клас, се наричат **сигнални битовете**.

В **клас А** са възможни **127** мрежи, всяка с приблизително **16000000** хоста.

В **клас В** са възможни приблизително **16000** мрежи, всяка с приблизително **65000** хоста.

В **клас С** са възможни приблизително **2000000** мрежи, всяка с по **254** хоста.

**Клас D** е предназначен за работа с групови (**multicast**) адреси, а **клас Е** е резервиран за бъдеща употреба (научни цели и др.).

# Записване на IP-адресите

За удобство IP-адресите се изписват в **точкова десетична нотация**, като всеки от четирите байта се изписва като десетично число от **0 до 255**. Най-малкия IP-адрес е **0.0.0.0**, а най-големия **255.255.255.255**.

Адрес, който съдържа само единици се интерпретира като **broadcast**-адрес, т.е. адресират се всички хостове в дадена мрежа.

# Мрежи и подмрежи

Голям недостатък на IP-адресацията е, че половината адреси са от клас A и се разпределят само между 127 автономни системи, въпреки че всяка от тях може да съдържа милиони хостове.

Всяка мрежа трябва да има уникален номер и всички хостове в дадена мрежа трябва да имат един и същ номер на мрежата.

Това води до проблеми при нарастване на броя на мрежите.

# Представяне на десетичното число **106** в двоичен формат

Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1
128 ( $2^7$ )	64 ( $2^6$ )	32 ( $2^5$ )	16 ( $2^4$ )	8 ( $2^3$ )	4 ( $2^2$ )	2 ( $2^1$ )	1 ( $2^0$ )

Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1
0	1	1	0	1	1	1	0

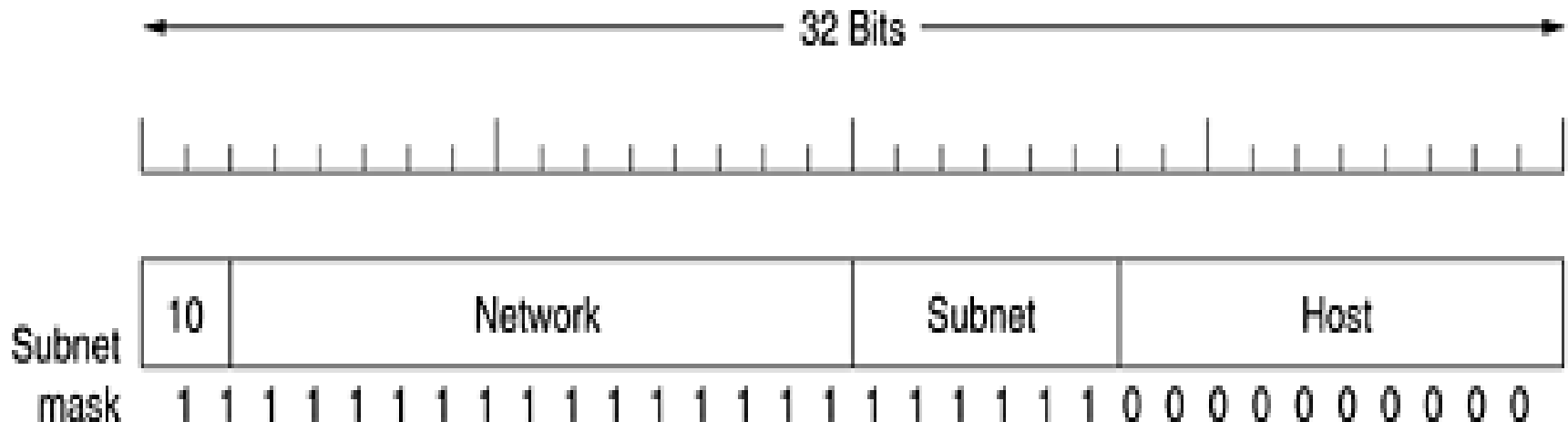
# Мрежи и подмрежи

Решението на проблема е да се разреши разделянето на една мрежа на **подмрежи**. За целта полето за мрежов номер се разширява надясно, като се отнемат битове от номера на хост.

Например за един адрес от клас В вместо 16 бита за номер на мрежата и 16 бита за номер на хост се използват 22 бита за номер на мрежа, като десните 6 от тях са за номер на подмрежа и 10 бита за номер на хост.

# Мрежи и подмрежи

За реализация на подмрежите маршрутизаторите се нуждаят от **подмрежова маска** (**Subnet Mask - SM**), която определя границата между номера на мрежата + номера на подмрежата и номера на хоста. В долния пример имаме мрежовата маска на една разцепена клас В мрежа:





# Мрежи и подмрежи

При разделяне на една мрежа на подмрежи взимаме “назаем” (**borrow**) битове от хост частта на адресите.

Получава се следното:

**N S H**

Броят на подмрежите е:  $2^S$

Броят на хостовете в подмрежата ще е:  $2^H - 2$

(нулевият адрес остава за **номер на подмрежата**, а последният – за **broadcast**)

# Изписване на маската. Префикси.

SM има същия формат като IPv4 адреса:  
старшите битове, които не принадлежат на хост  
частта са = 1 и се наричат префикс,  
а останалите (хост частта) са = 0.

Възможни са два начина на изписване на  
мрежов адрес. Напр., следния клас C адрес:

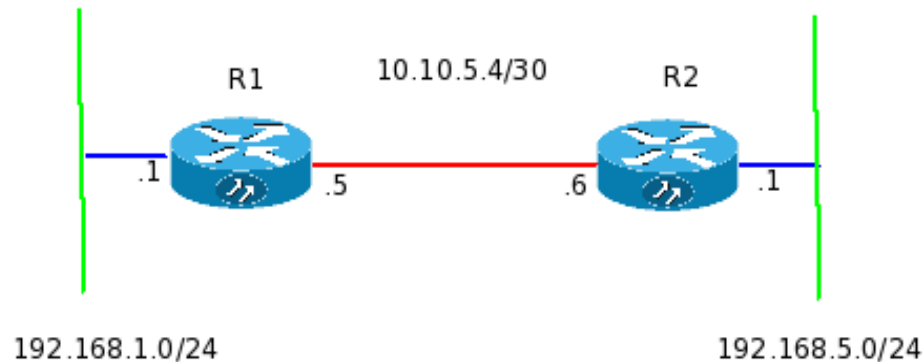
192.168.1.0 255.255.255.0

или

192.168.1.0/24

Второто означение се нарича 24-битов префикс  
или просто префикс. **По-нататък ще  
използваме него.**

# Ролята на маската



Всеки маршрутизатор(напр. **R1**) има таблица с маршрутите (**Routing Table**), която определя пътя на пакета.

Всеки ред съдържа **IP адреса на мрежа / префикс**, следващ възел по пътя, изходящ интерфейс и др., например:

C 192.168.1.0/24 [0] is directly connected, eth0

S 192.168.5.0/24 [1/0] via 10.10.5.6, eth1

C 10.10.5.4/30 [1/0] is directly connected, eth1

# Ролята на маската

Когато пристигне IP пакет неговият адрес на получател се преглежда. Извършва се операцията “**Логическо умножение**” между IP адреса на получателя и маската:

**Destination IP .AND. SM (1)**

Какво означава това? Всяко число, умножено по 0, дава 0. (Важи и за лог.)

Т.е операция **(1)** ни дава номера на мрежа / подмрежа.

# Разделяне на класове и безкласово делене

Първоначално IP адресите са били само от клас А:

- **Network ID:** първи (най-старши) октет (байт);
- **Host ID:** младшите три октета.

Т.е. имаме само 256 мрежи. (Подобно е положението сега с IPv6). С разрастването на Интернет това става безсмислено.

Въведени са **класове** (**classful networking**). От петте класа (А, В, С, D и Е), три (А, В и С) имат различна дължина на мрежовата част. Груповите - Клас D (multicast) идентифицират отделни хостове. Клас Е са резервирани.

# Classless Inter-Domain Routing

Около 1993 г. класовете А, В и С е заменено с **Classless Inter-Domain Routing (CIDR)**.

CIDR включва:

- **VLSM (variable-length subnet masking)** – префикси с произволна дължина. Записва се с /брой на битове (1-ци) в префикса например, **192.168.0.0/16**. По-ефективно използване на изчерпващите се IPv4 адреси.
- събиране (**aggregation**) на множество последователни префикси в “**супермрежи**” (**supernets**), наречено още обобщаване на маршрути - **route summarization**.

# CIDR и VLSM

С помощта на VLSM се извършва обобщаване в супермрежи (supernetting) – съкращаване на броя на 1-те от ляво на дясно, което е обратно на деленето на подмрежи (subnetting) - увеличаване на броя на 1-те от ляво на дясно.

Където е възможно в Интернет се анонсират супермрежите, намалявайки броя на “редовете” в глобалната таблица с маршрутите.

Например, 16 последователни Клас C (/24) ще се анонсират като един единствен /20 префикс, респ. маршрут ( $2^4 = 16$ ). Два последователни префикса /20 - като /19 ( $2^1 = 2$ ).

# Пример: 32 \* /24 мрежи

IANA е делегирала на RIPE префикс:

62.0.0.0/8

11111111.**0.0.0**

На молба от организация да получи 32 Клас C  
(32 \* /24) мрежи RIPE делегира префикс:

62.44.96.0/19

11111111.11111111.11100000.0

Отговорете си как се получават (32 \* /24),  $2^5=32$



# Пример: 32 \* /24 мрежи

Мрежовите админ-и получават:

62.44.96.0/24 ; 62.44.97.0/24 ... 62.44.127.0/24.

На ФМИ делегират префикса:

62.44.100.0/23

11111111.11111111.11111110.0

Т.е (2<sup>1</sup>=2) ФМИ получава:

62.44.100.0/24 и 62.44.101.0/24

Сървър e-learning 62.44.100.150/24

# Пример: Разцепване на подмрежи.

62.44.109.0/24

62.44.109.0/26 – 1-ва подмрежа

62.44.109.64/27 – 2-а подмрежа

62.44.109.128/25 – 3-та подмрежа

# CIDR и VLSM

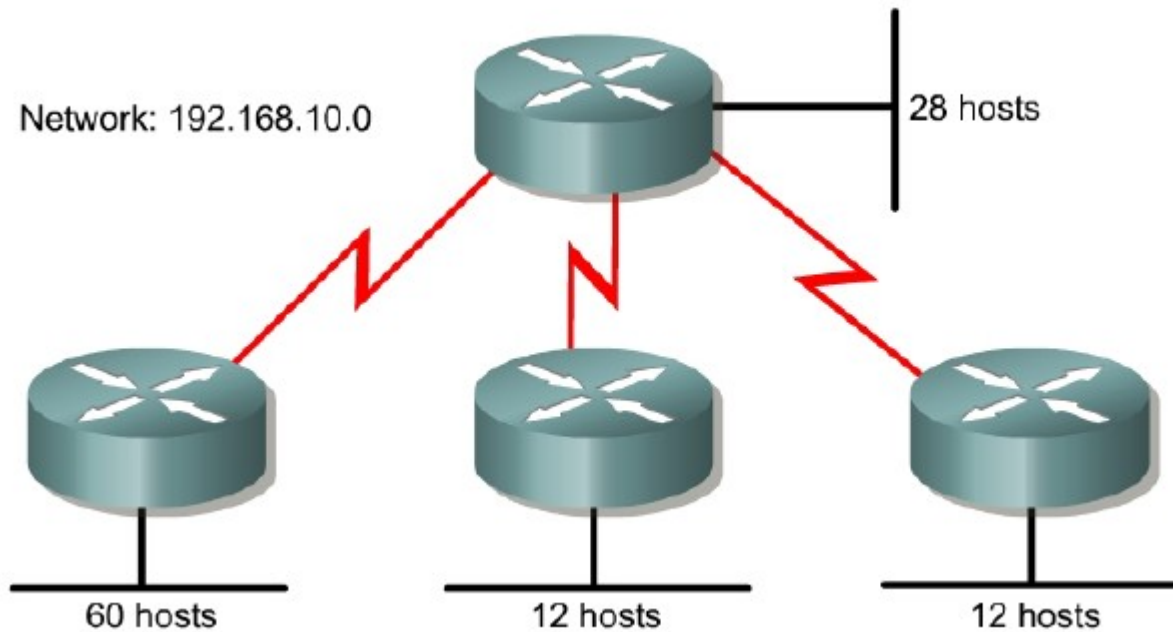
IPv4 CIDR Chart				RIPE NCC
IP Addresses	Bits	Prefix	Subnet Mask	
1	0	/32	255.255.255.255	
2	1	/31	255.255.255.254	
4	2	/30	255.255.255.252	
8	3	/29	255.255.255.248	
16	4	/28	255.255.255.240	
32	5	/27	255.255.255.224	
64	6	/26	255.255.255.192	
128	7	/25	255.255.255.128	
256	8	/24	255.255.255.0	
512	9	/23	255.255.254.0	
1 K	10	/22	255.255.252.0	
2 K	11	/21	255.255.248.0	
4 K	12	/20	255.255.240.0	
8 K	13	/19	255.255.224.0	
16 K	14	/18	255.255.192.0	
32 K	15	/17	255.255.128.0	
64 K	16	/16	255.255.0.0	
128 K	17	/15	255.254.0.0	
256 K	18	/14	255.252.0.0	
512 K	19	/13	255.248.0.0	
1 M	20	/12	255.240.0.0	
2 M	21	/11	255.224.0.0	
4 M	22	/10	255.192.0.0	
8 M	23	/9	255.128.0.0	
16 M	24	/8	255.0.0.0	
32 M	25	/7	254.0.0.0	
64 M	26	/6	252.0.0.0	
128 M	27	/5	248.0.0.0	
256 M	28	/4	240.0.0.0	
512 M	29	/3	224.0.0.0	
1024 M	30	/2	192.0.0.0	
2048 M	31	/1	128.0.0.0	
4096 M	32	/0	0.0.0.0	

K = 1,024 • M = 1,048,576

Contact Registration Services:  
hostmaster@ripe.net • lir-help@ripe.net

[www.ripe.net](http://www.ripe.net)

# Примерна задача



# Задача. Внимание.

!!!  $N = 2^h - 2$ , където

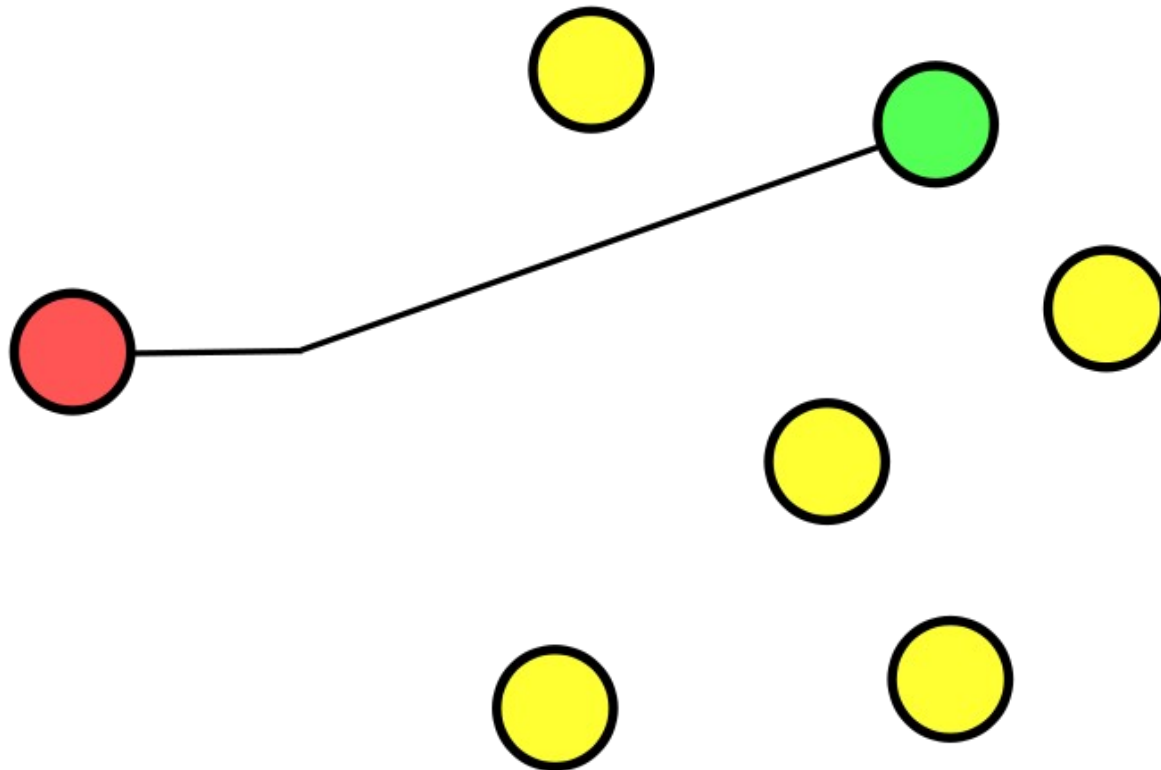
$N$  – бр. хостове,  $h$  – бр. битове в хост частта на IP адреса

**Point-to-point** мрежи. Трябват им 2 и само 2 хоста. Коя SM (префикс) ще изберем???

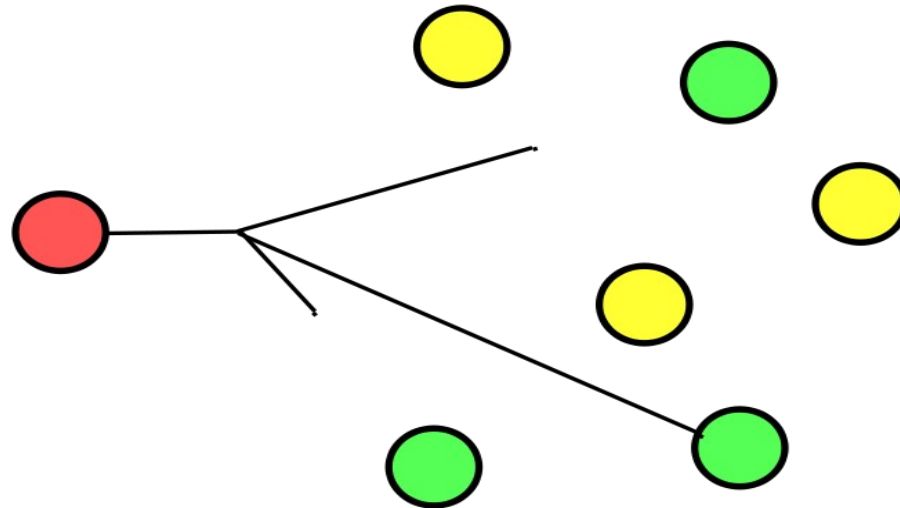
# Unicast, Multicast, Anycast, Broadcast

	получател	Места в (под)мрежата
Unicast	1	1
Anycast	1	много (но избира най- близко)
Multicast	МНОГО	МНОГО
Broadcast	ВСИЧКИ	ВСИЧКИ

# Unicast



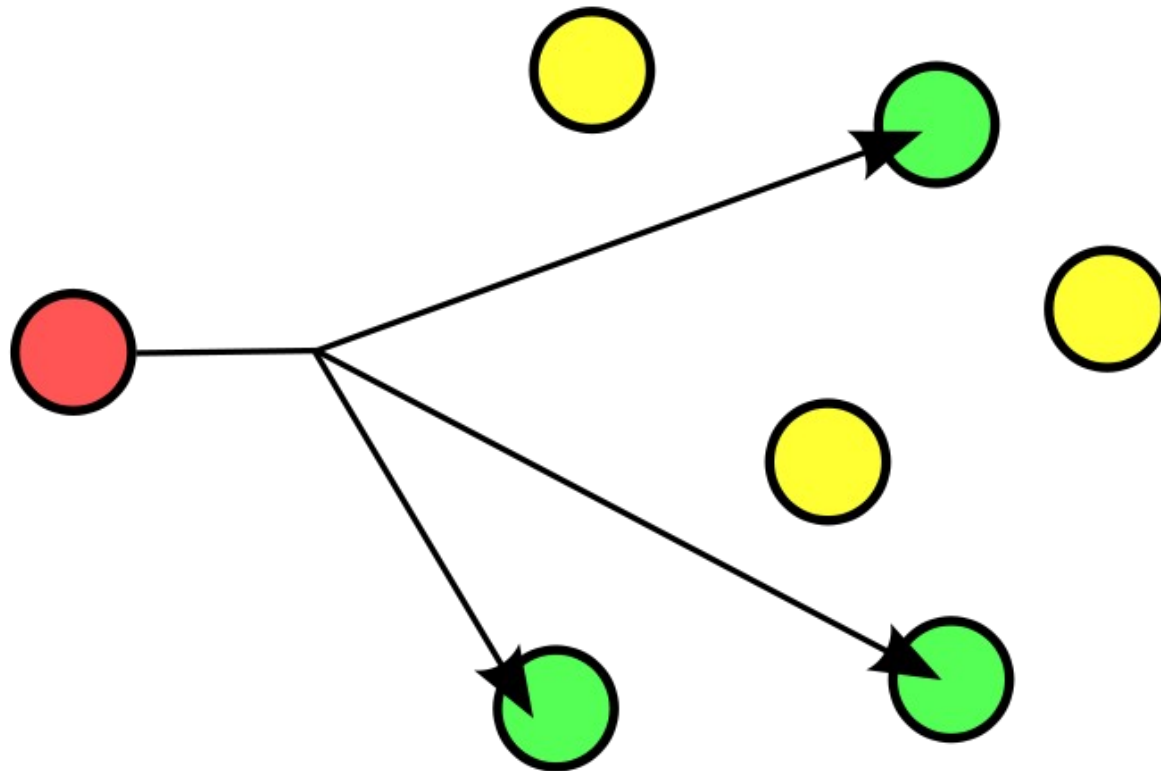
# Anycast



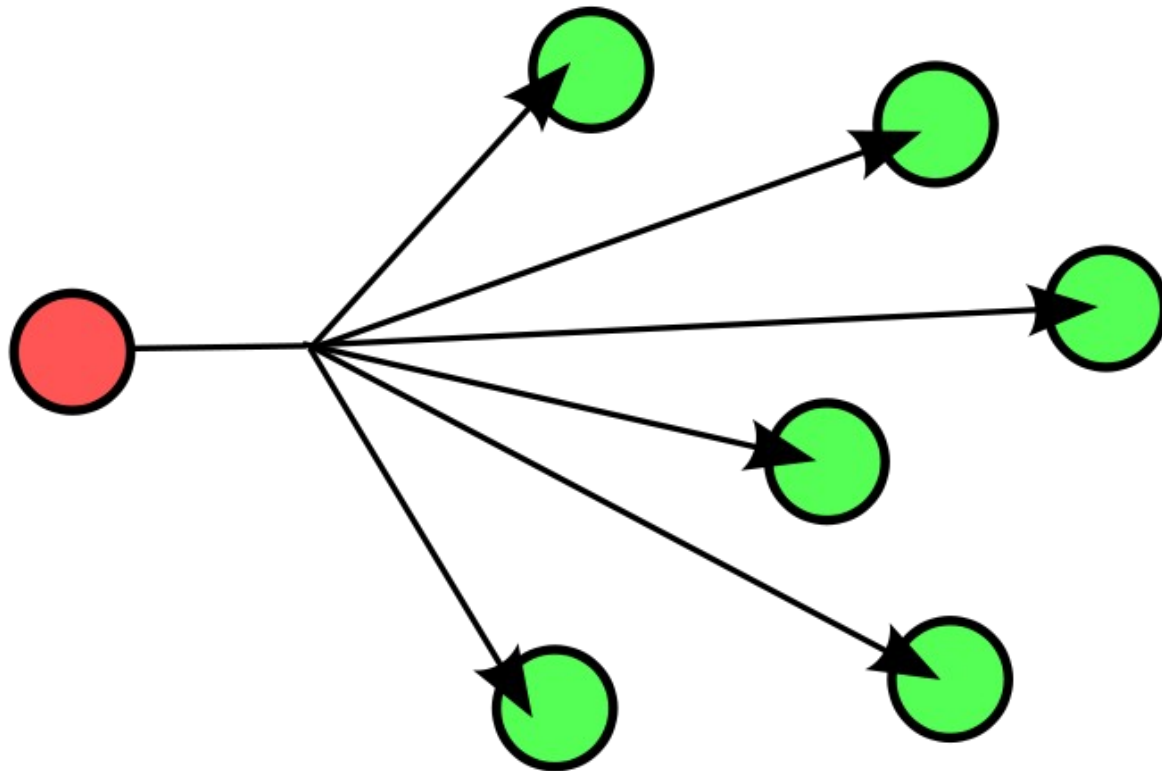
Anycast са **част от** unicast пространството.  
Синтактически по нищо не се  
различават.



# Multicast



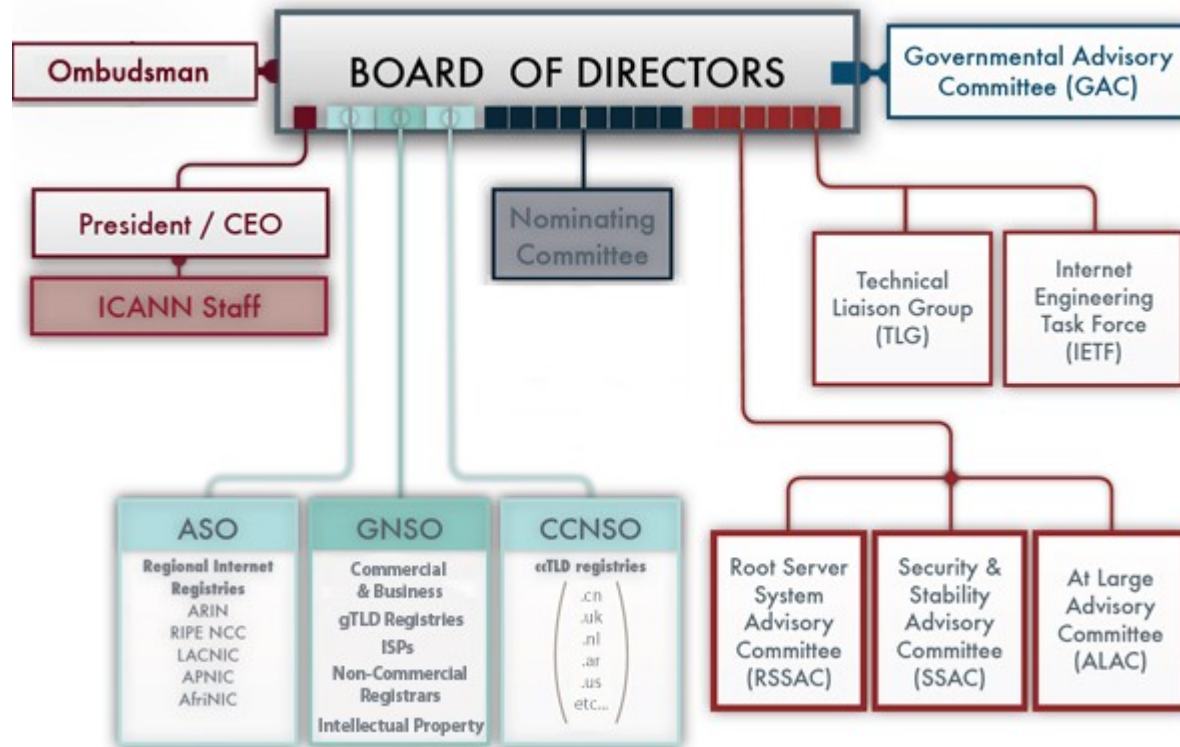
# Broadcast



# Раздаване на IP адреси (Address Allocation). ICANN.

Internet Corporation for Assigned Names and Numbers - ICANN  
([icann.org](http://icann.org)) координира процеса по разпределяне на уникалните идентификатори в Интернет.

ICANN е основана в 1998 г.



# Address Allocation. IANA.

The screenshot shows a Mozilla Firefox browser window displaying the IANA (Internet Assigned Numbers Authority) website. The browser's address bar shows the URL <http://www.iana.org/>. The page features the IANA logo, which is a stylized 'iana' in blue and green, followed by the text 'Internet Assigned Numbers Authority'. Below this, a paragraph states: 'The Internet Assigned Numbers Authority (IANA) is responsible for the global coordination of the DNS Root, IP addressing, and other Internet protocol resources. [Learn more about what we do »](#)'. The page is organized into three main columns: 'Domain Names', 'Number Resources', and 'Protocol Assignments'. The 'Domain Names' column describes IANA's management of the DNS Root Zone, ccTLDs, gTLDs, the .int registry, and the .arpa zone, with links to 'Root Zone Management', 'Database of Top Level Domains', '.int Registry', '.arpa Registry', 'IDN Practices Repository', and 'Interim Trust Anchor Repository'. The 'Number Resources' column describes IANA's coordination of the global IP and AS number space, with links to 'IP Addresses & AS Numbers' and 'Think we're attacking you?'. The 'Protocol Assignments' column describes IANA as the central repository for protocol name and number registries, with links to 'Protocol Registries' and 'Apply for an assignment'. At the bottom of the browser window, a search bar contains the text 'Cerf', and there are navigation buttons for 'Previous', 'Next', 'Highlight all', and 'Match case'. The browser's status bar at the very bottom shows the current page as 'IANA — Internet Assigned Numbers Authority' and another open tab for 'Topic-9.odp - OpenOffice...'.

Applications Places System USA 8 °C Fri Mar 19, 11:13:05 stefan

IANA — Internet Assigned Numbers Authority - Mozilla Firefox

File Edit View History Bookmarks Tools Help

<http://www.iana.org/> local internet registry

Most Visited Release Notes Fedora Project Red Hat Free Content

Loading... Сървър за електронна п... LIR Portal - . IANA — Internet Assigned...



## Internet Assigned Numbers Authority

The Internet Assigned Numbers Authority (IANA) is responsible for the global coordination of the DNS Root, IP addressing, and other Internet protocol resources. [Learn more about what we do »](#)

### Domain Names

IANA manages the DNS Root Zone (assignments of ccTLDs and gTLDs), as well as the .int registry, and the .arpa zone.

- [Root Zone Management](#)
- [Database of Top Level Domains](#)
- [.int Registry](#)
- [.arpa Registry](#)
- [IDN Practices Repository](#)
- [Interim Trust Anchor Repository](#)

### Number Resources

IANA coordinates the global IP and AS number space, and allocates these to Regional Internet Registries.

- [IP Addresses & AS Numbers](#)
- [Think we're attacking you?](#)

### Protocol Assignments

IANA is the central repository for protocol name and number registries, used in many Internet protocols.

- [Protocol Registries](#)
- [Apply for an assignment](#)

Find: Cerf Previous Next Highlight all Match case

<http://www.iana.org/numbers/>

IANA — Internet Assigned... Topic-9.odp - OpenOffi...

# RIRs



# Address Allocation (Присвояване на IP адреси)

IP адресите се разпределят от IANA между 5-те Regional Internet Registries (**RIRs**).

RIRs управляват, разпределят и регистрират публичните Internet Number Resources в поверените им области.

Имаме пет регионални регистратора - RIRs:

- **AfriNIC** (afrinic.net)
- **APNIC** (apnic.net)
- **ARIN** (arin.net)
- **LACNIC** (lacnic.net)
- **RIPE NCC** (ripe.net)

IANA е делегирала широк обхват от Интернет ресурси на RIRs:

<http://iana.org/assignments/ipv4-address-space/ipv4-address-space.xml>

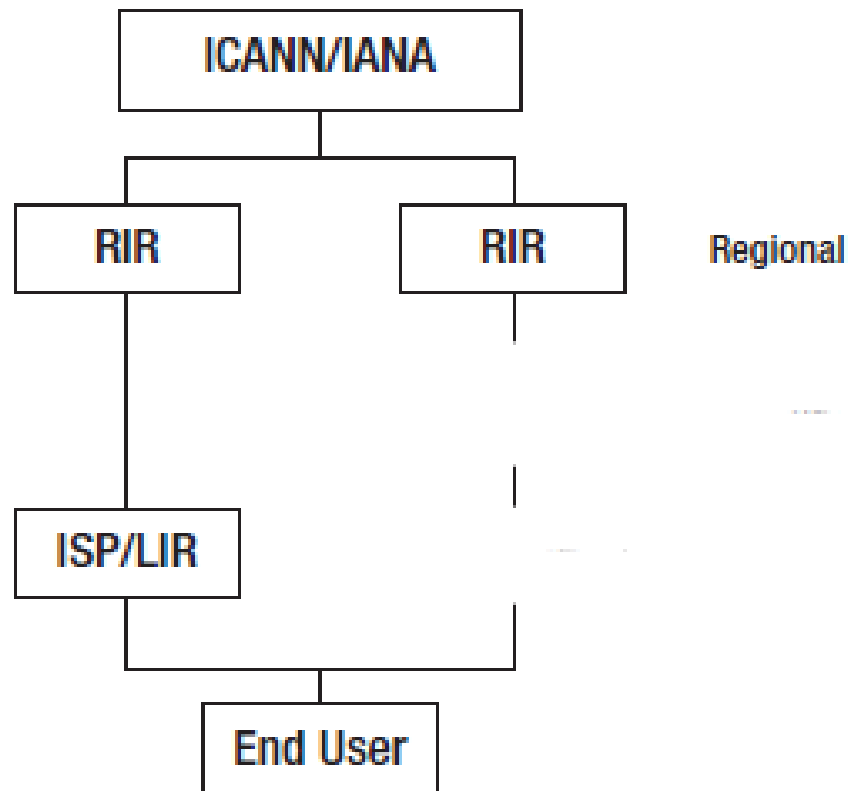
<http://iana.org/assignments/multicast-addresses/multicast-addresses.xml>

# Присвояване на адреси

Всеки RIR поддържа публична база от данни **WHOIS** с информация за присвоените IP адреси.

RIRs ги присвояват на ISPs (които са LIR – Local Internet Registries), които ги раздават на своите клиенти (**PA** – **Provider Assigned**)...

# PA vs. PI





# PI присвояване на адреси

...или директно на крайни клиенти (**Provider Independent - PI**), които съответно се разпределят по LANs вътре в организацията.

Присвояването на адреси не е произволно. Основен принцип в маршрутизацията е, че IP адресът да показва мястото на обекта (възел, устройство) в мрежата. Т.е адрес, присвоен в една част от мрежата, няма да функционира в друга.

# WHOIS 62.44.96.0/19

**inetnum:** 62.44.96.0 - 62.44.127.255

**netname:** BG-SUNET

**descr:** Sofia University

**descr:** BG-1164 Sofia

**org:** ORG-UoS32-RIPE

**country:** BG

...

**status:** ASSIGNED PI

(**inetnum** – съдържа подробности за алокацията или присвояването на IPv4 адресно пространство)

# Големи български LIRs

<http://www.ripe.net/membership/indices/>

Е показан списък на RIPE NCC Local Internet Registries.

Големи български LIRs са:

- \* Bulgarian Telecommunications Company Plc.
- \* Global Communication Net Plc
- \* Eurocom Cable Management Bulgaria Ltd
- \* ITD Network SA
- \* Neterra Ltd.
- \* Spectrum NET Jsc
- \* NetArt Group s.r.o. <Registry Based in CZ>
- \* Equant Inc. <Registry Based in EU>
- \* AT&T Global Network Services Nederland B.V. <Reg. in EU>
- \* Interoute Communications Limited <Registry Based in GB>