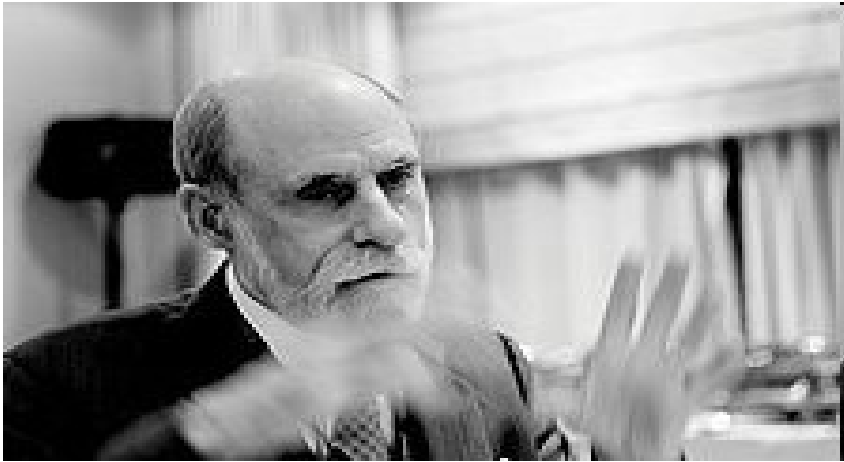


9. Мрежов протокол IP

Адресация, подмрежи и маски.
CIDR

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.

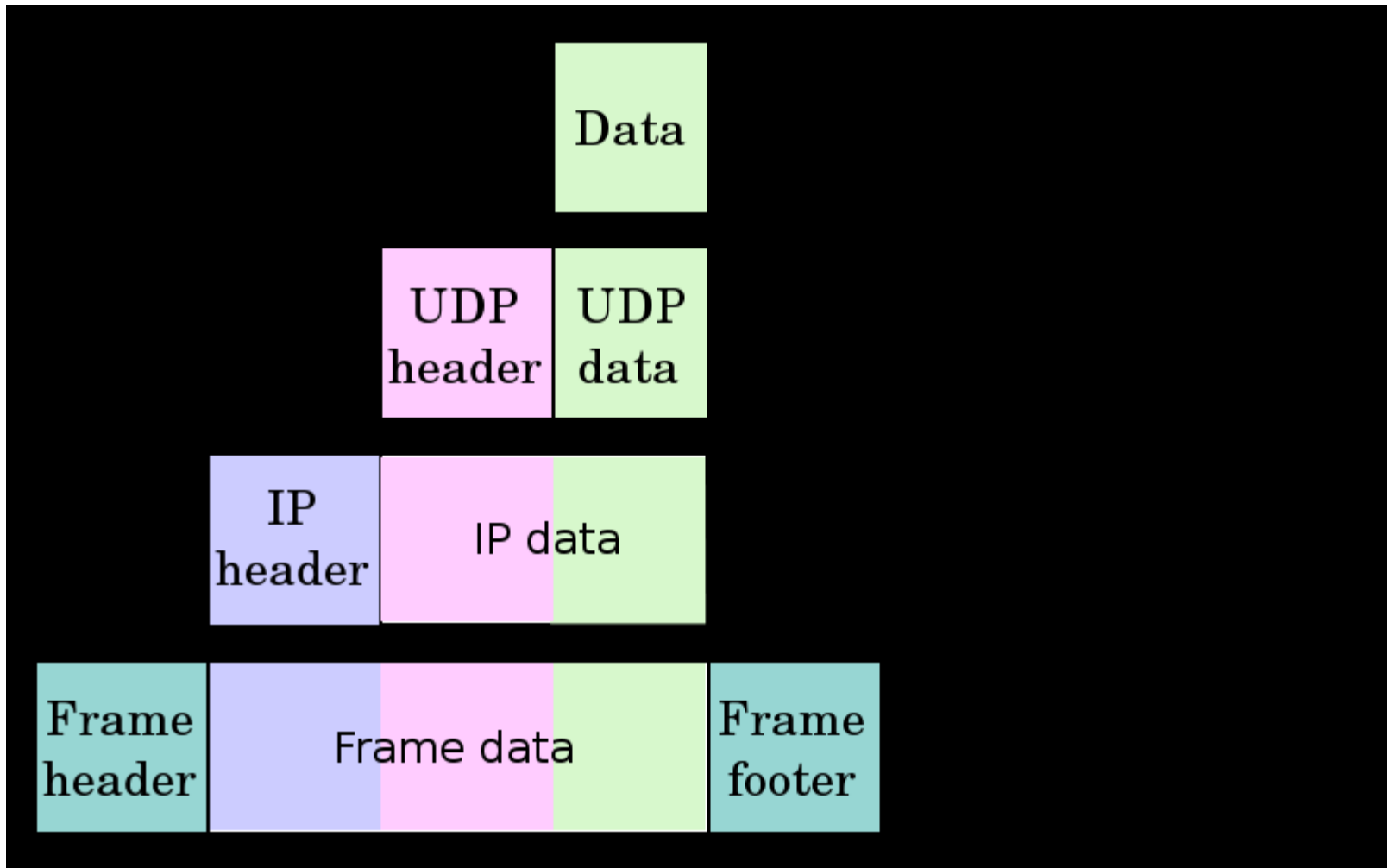
IP. История.

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, които се “обличат” като пакети (наричат ги още дейтаграми).

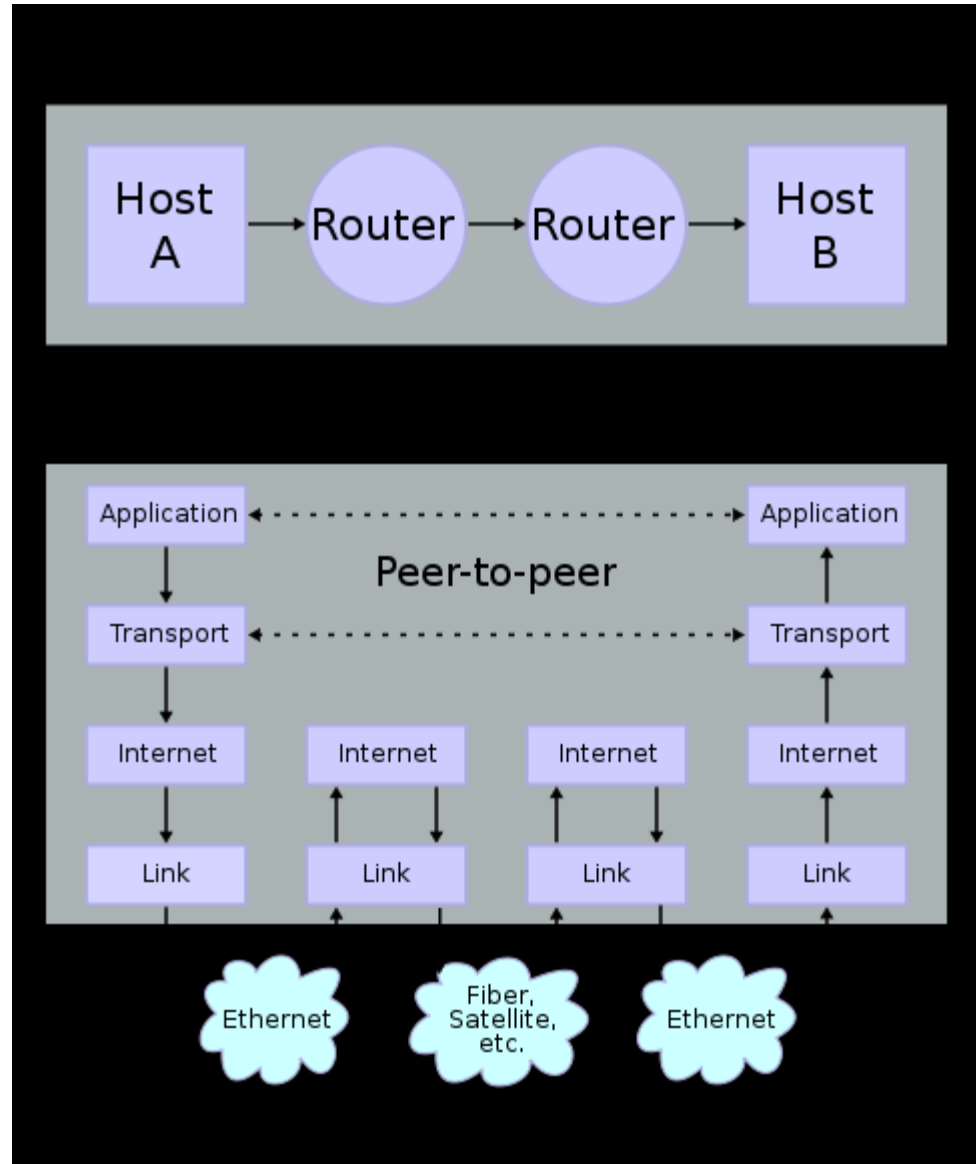
Пакетите могат на теория да достигнат 64KB, но на практика те не са по-големи от 1500 байта.

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



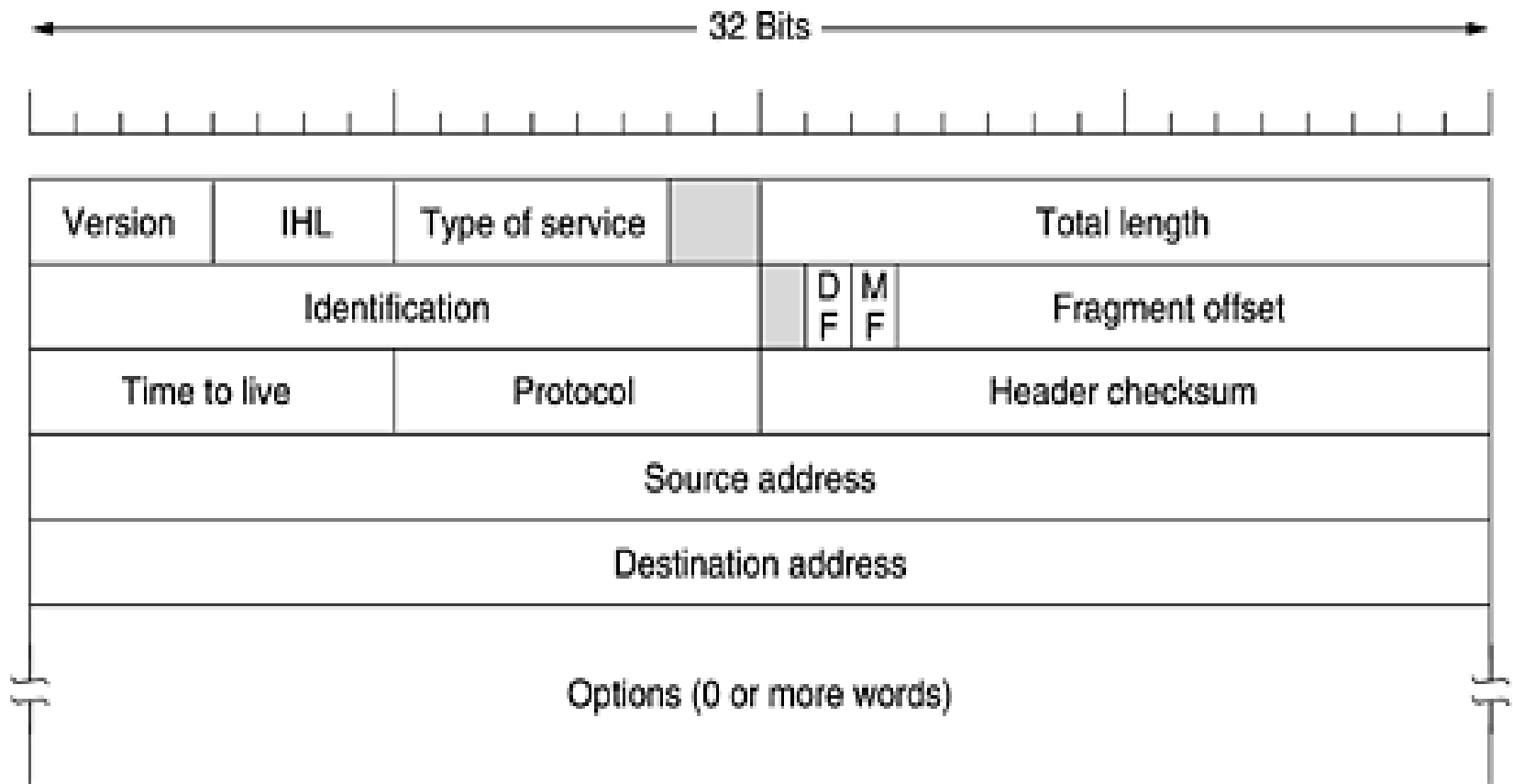
Формат на IPv4 пакета

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 кои 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 B**. 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 пакета

Опции в полето **Options**:

Security –секретност на пакета.

Strict Source Routing - целия път от източника до получателя като последователност от IP-адреси. Пакетът задължително да следва този път.

Loose Source Routing - дадена последователност от маршрутизатори да бъде посетена в указания ред от пакета, но е възможно тя да премине и през други маршрутизатори.

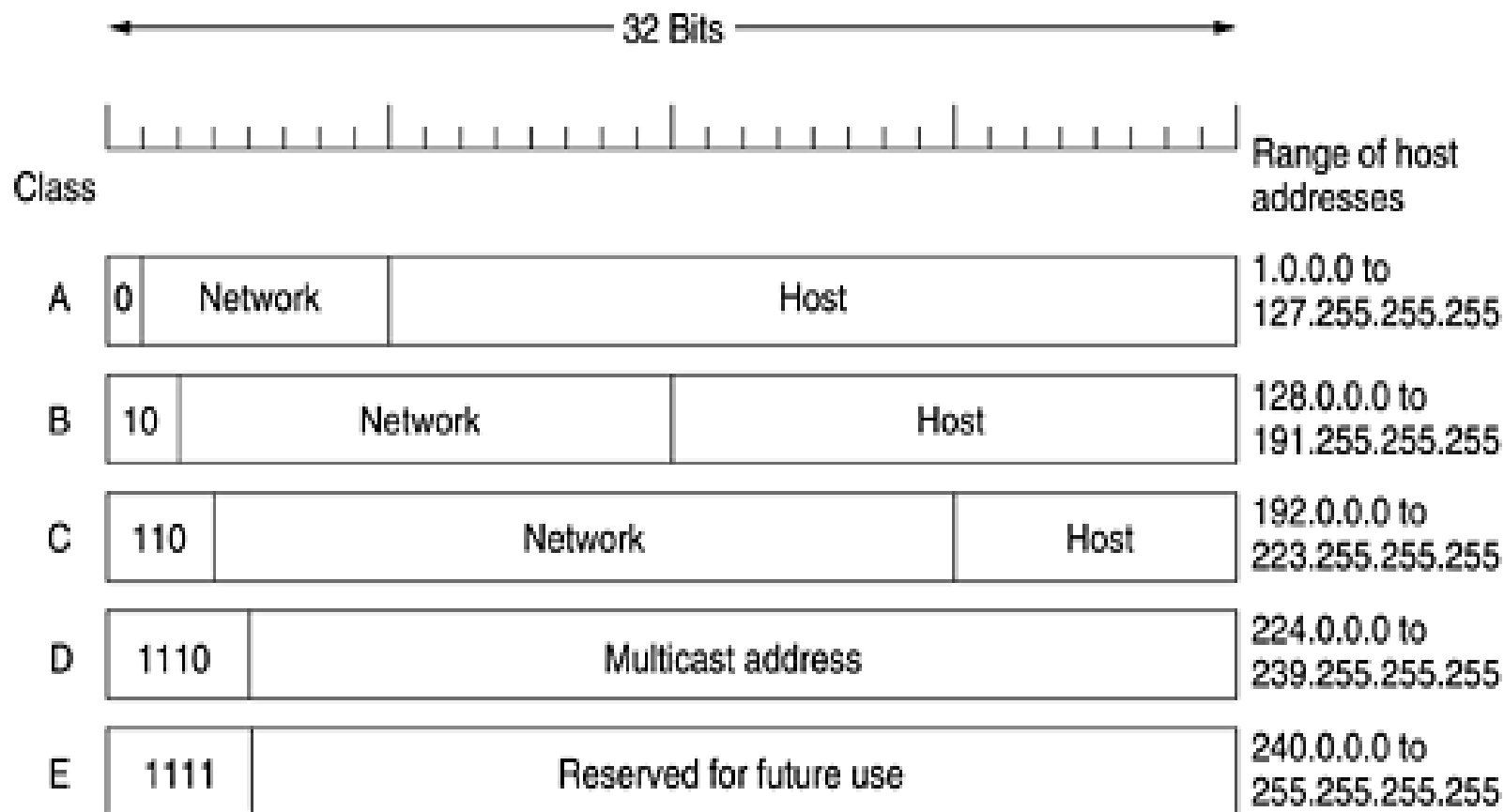
Record Route - маршрутизаторите по пътя на пакета да добавят своя IP-адрес към полето на опцията. Това позволява да се проследят грешки при маршрутизирането.

Timestamp, подобна на **Record Route**, но с тази разлика, че маршрутизаторите освен IP-адреса си записват и времето по което е минала дейтаграмата.

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 битове**.

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 E** 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.

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 20 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

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**)

Ролята на маската

Всеки маршрутизатор има таблица с маршрутите (**Routing Table**).

Всеки ред съдържа IP адрес на мрежа / подмрежа (номер на мрежа, 0) или хост мрежа (номер на мрежа, хост), следващ възел по пътя, изходящ интерфейс и др., например:

```
S>* 0.0.0.0/0 [1/0] is directly connected, Null0, bh  
S>* 62.44.96.0/19 [1/0] via 62.44.127.21, eth0, rej  
S>* 217.9.225.2/32 [1/0] via 17.18.241.133,  
eth3.962
```

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 *класовете* (**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.

Разделяне на класове и безкласово делене

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

Преразпределение на Клас А, В и С мрежите така, че се получават по-малки (или по-големи) блокове

Те се присвояват на ISPs (които са **LIR – Local Internet Registries**), а те от своя страна ги раздават на своите клиенти (**PA – Provider Assigned**)...

CIDR и 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.

CIDR и присвояване на адреси

Йерархична структура, създадена от CIDR и наблюдавана от **Internet Assigned Numbers Authority (IANA)** и нейните регионални регистратори - **Regional Internet Registries (RIRs)**, управлява присвояването на IP адреси в глобален мащаб.

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

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

Големи български LIRs

На сайт:

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

Е показан списък на RIPE NCC Local Internet Registries.

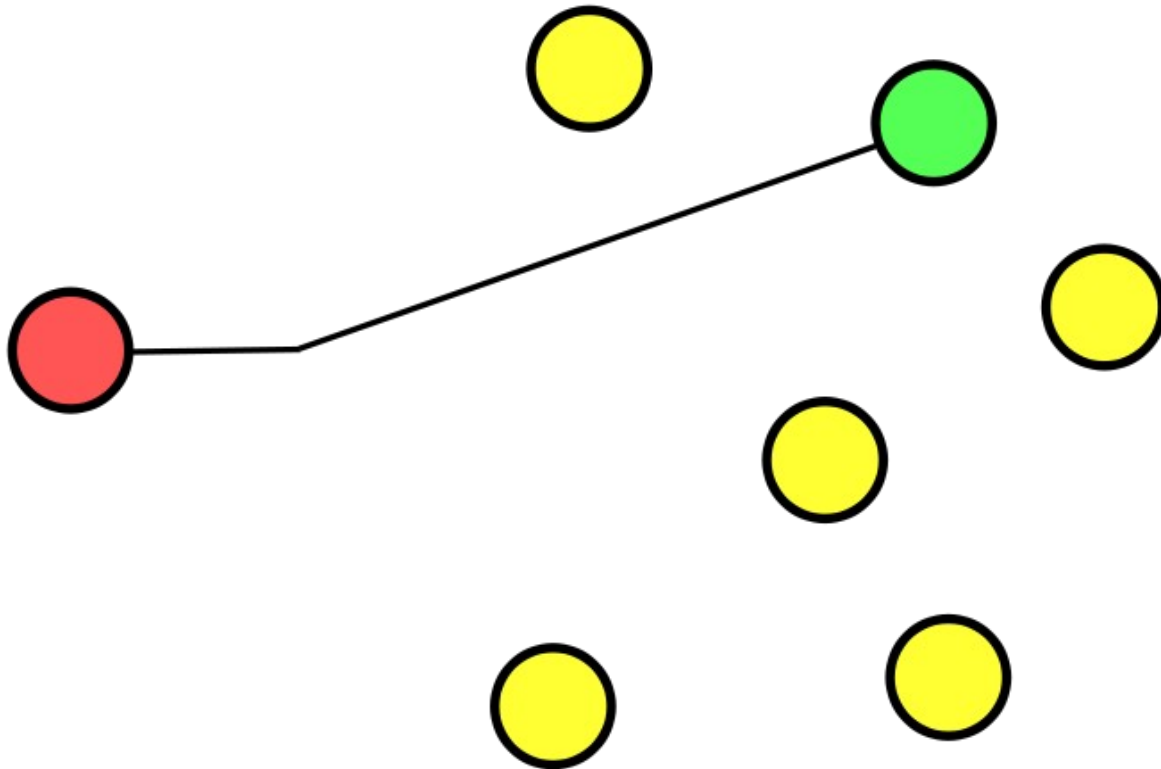
Големи български LIRs са:

- * Bulgarian Telecommunications Company Plc.
- * EVRO Network
- * Inter-Bg-Com Ltd.
- * ITD Network SA
- * Megalan Network Ltd.
- * Neterra Ltd.
- * Spectrum NET Jsc
- * Global One <Registry Based in EU>
- * AT&T Global Network Services Europe <Registry Based in EU>
- * Interoute Communications Limited <Registry Based in GB>

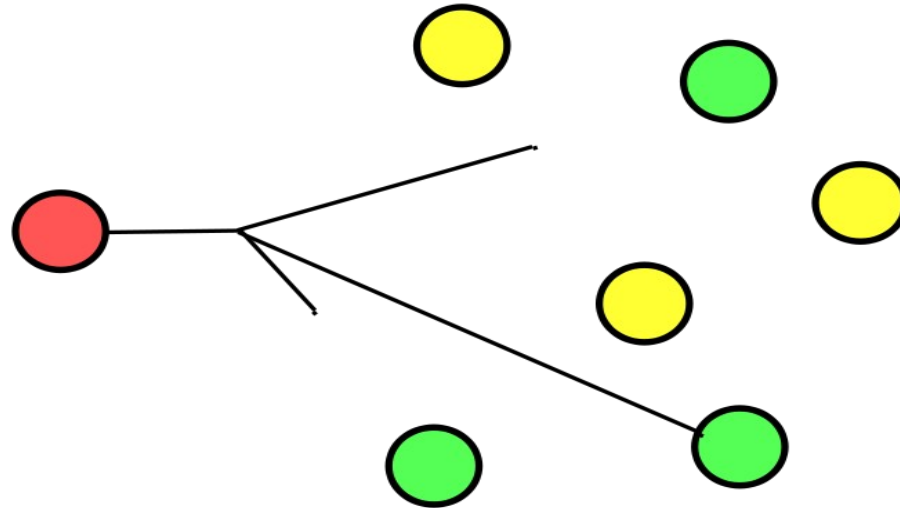
Unicast, Multicast, Anycast, Broadcast

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

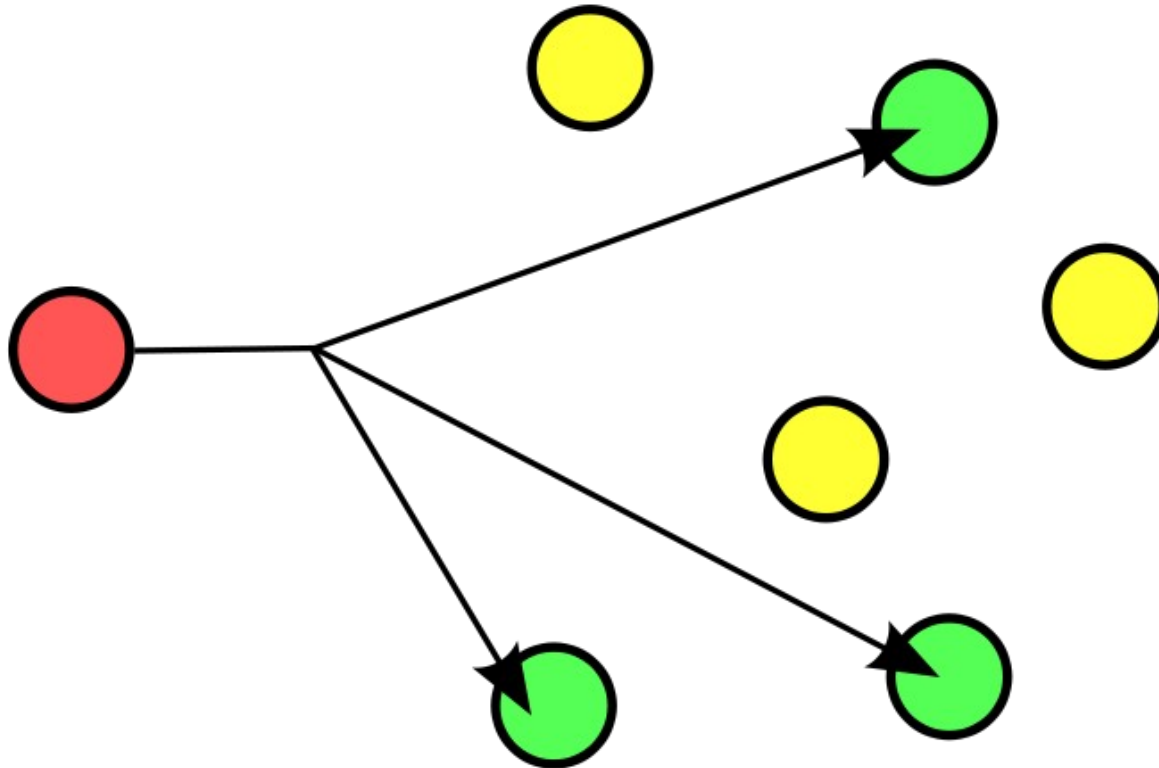
Unicast



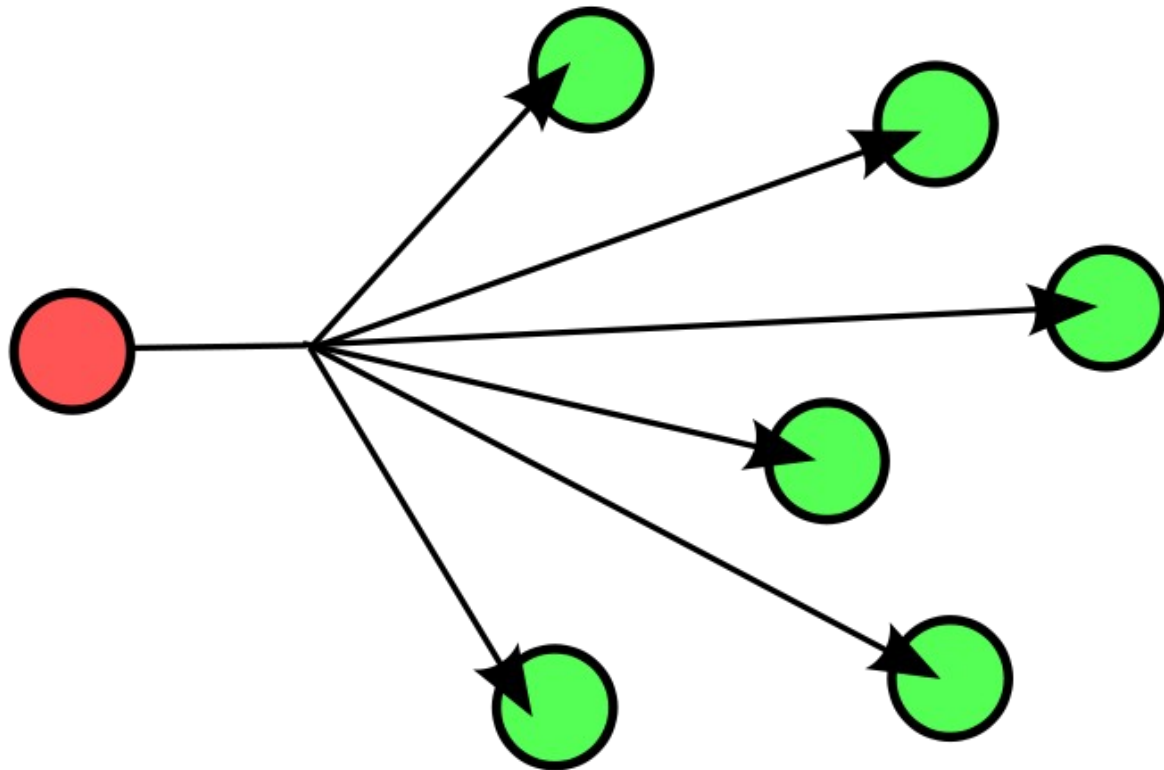
Anycast



Multicast



Broadcast



Classless Inter-Domain Routing

Classless Inter-Domain Routing (**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 дясно на ляво, 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 ($2^1 = 2$).

SUnet. 32 * /24 мрежи

IANA е делегирала на RIPE префикс:

62.0.0.0/8

11111111.**0.0.0**

По молба на СУ да получи 32 Клас С (32 * /24) мрежи RIPE делегира префикс:

62.44.96.0/19

11111111.11111111.11100000.0

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

SUnet. 32 * /24 мрежи

Т.е мрежовите админ-и на СУ 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 ($2^1=2$) ФМИ получава:

62.44.100.0/24 и 62.44.101.0/24

Сървър e-learning 62.44.100.150/32

SUnet. Разцепване на подмрежи.

62.44.109.0/24 – УИЦ

62.44.109.0/26 – мрежови администратори

62.44.109.64/27 – Администр. Системи
(СУСИ)

62.44.109.128/25 – уч. зали (017-020; 120-
2); ДНСР

CIDR и VLSM

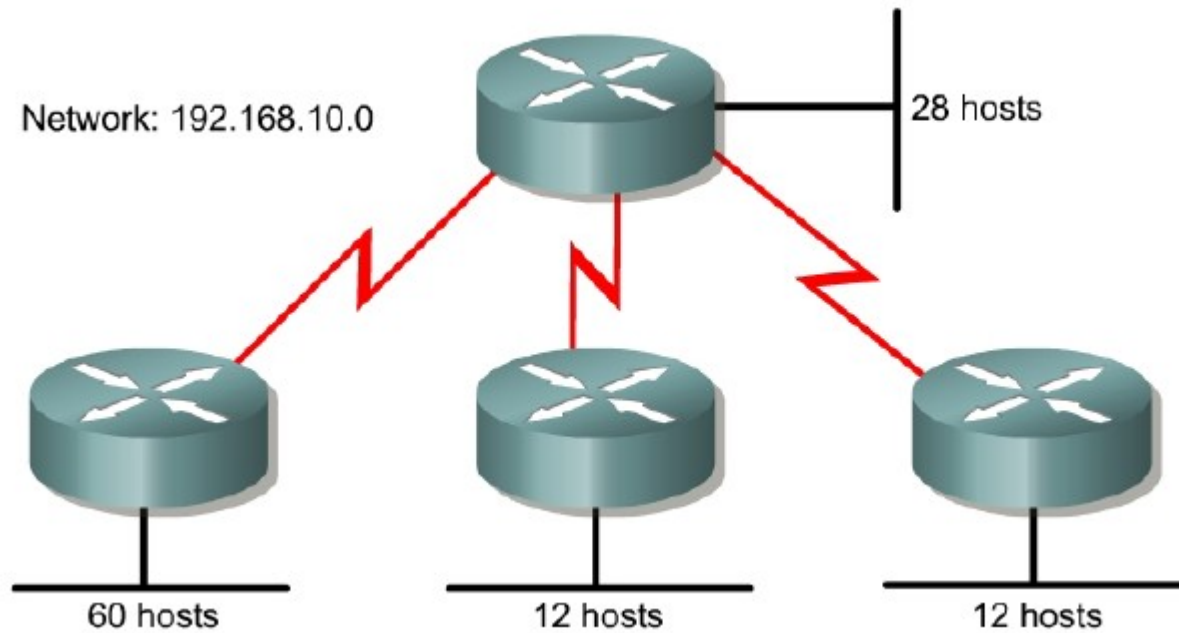
IP/CIDR Маска хост, бр. Мрежи от Клас

a.b.c.d/32	255.255.255.255	1	1/256 C
a.b.c.d/31	255.255.255.254	2	1/128
a.b.c.d/30	255.255.255.252	2	1/64 C
a.b.c.d/29	255.255.255.248	6	1/32 C
a.b.c.d/28	255.255.255.240	14	1/16 C
a.b.c.d/27	255.255.255.224	30	1/8 C
a.b.c.d/26	255.255.255.192	62	1/4 C
a.b.c.d/25	255.255.255.128	126	1/2 C
a.b.c.0/24	255.255.255.0	254	1 C

CIDR и VLSM

a.b.c.0/23	255.255.254.0	510	2 C
a.b.c.0/22	255.255.252.0	1022	4 C
a.b.c.0/21	255.255.248.0	2046	8 C
a.b.c.0/20	255.255.240.0	4094	16 C
a.b.c.0/19	255.255.224.0	8190	32 C
a.b.0.0/16	255.255.0.0	65534	256 C = 1 B
a.b.0.0/15	255.254.0.0	131070	2 B
a.0.0.0/8	255.0.0.0	16777214	256 B=1 A
0.0.0.0/0	0.0.0.0	4294967296	256 A

Примерна задача



Задача. Внимание.

!!! $N = 2^h - 2$, където

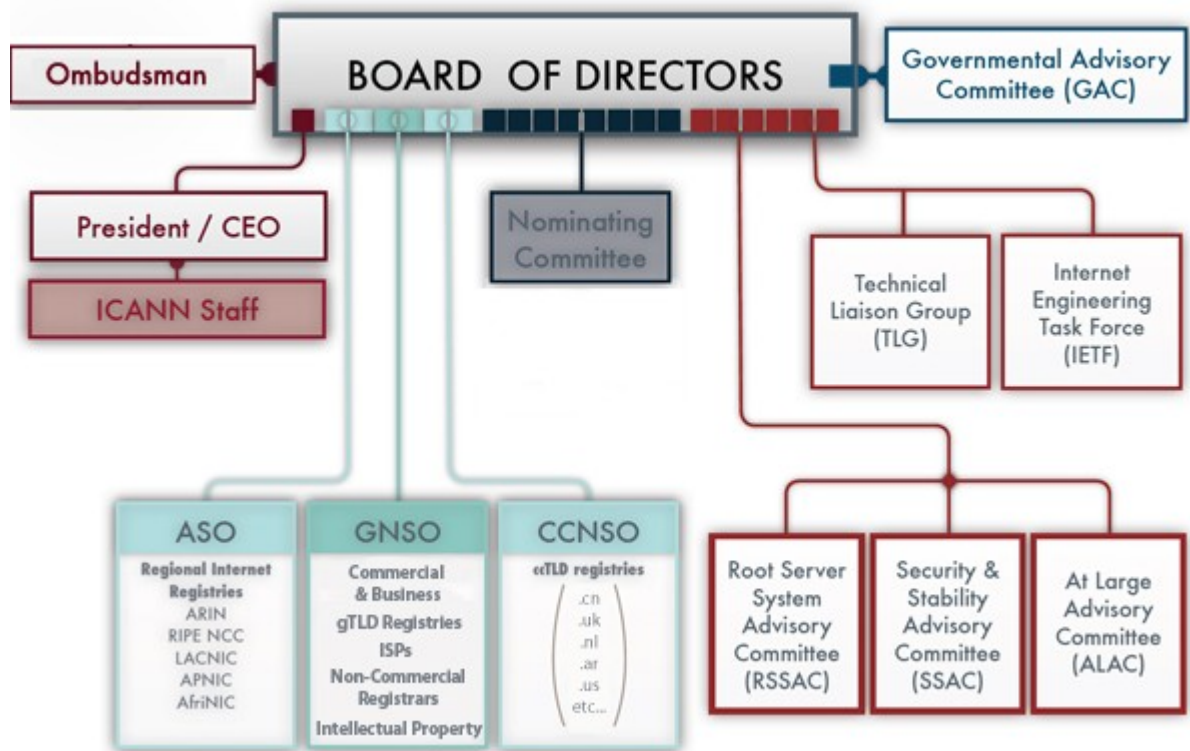
N – бр. хостове, h – бр. битове в хост частта на IP адреса

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

Раздаване на IP адреси (Address Allocation). ICANN.

Internet Corporation for Assigned Names and Numbers - ICANN (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 website. The browser's address bar shows the URL <http://www.iana.org/>. The page features the IANA logo and 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 sections:

- 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](#)

The browser's search bar at the bottom shows the search term "Cerf" and the search results page URL <http://www.iana.org/numbers/>. The browser's taskbar at the bottom shows the IANA website and an OpenOffice document titled "Topic-9.odp - OpenOff...".

Address Allocation

Regional Internet Registries (**RIRs**) управляват, разпределят и регистрират публичните Internet Number Resources в поверените им области.

Имаме пет регионални регистратора - RIRs:

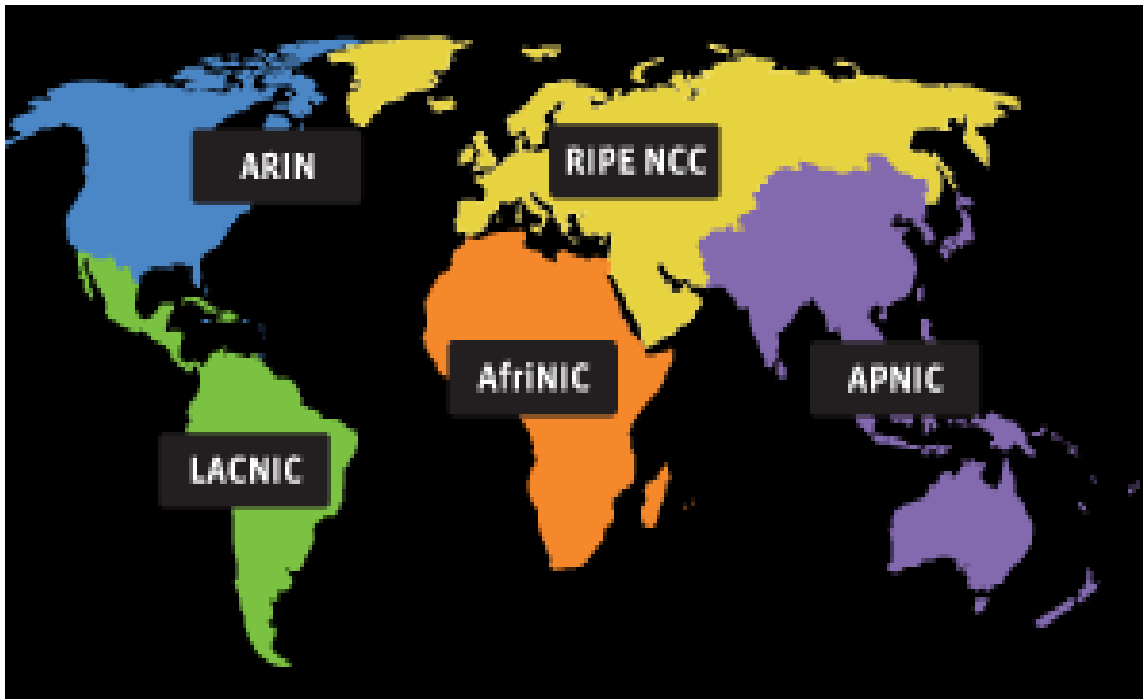
- **AfriNIC** (afrinic.net)
- **APNIC** (apnic.net)
- **ARIN** (arin.net)
- **LACNIC** (lacnic.net)
- **RIPE NCC** (ripe.net)

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>

RIRs



IPv6 в SUnet

IPv6 се записват като 8 групи от по четири 16-ни цифри, разделени с (:)

2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334

Или

2001:db8:85a3::8a2e:370:7334

Т.е това са 128-битови адреси, които стават все по-актуални предвид изчерпването на IPv4. СУ е “пионер” в тази област (за България, най-малко).

IPv6 в SUnet

На 03.10.2006 година RIPE NCC получава правата да алокира за своите членове (LIR) адресни алокации от сегмента [2a00:0000::/12](#) . :

<http://www.iana.org/assignments/ipv6-unicast-address-assignments>

LIR "Spectrum NET" (<http://www.spnet.net/>) получава за управление и разпределяне адресното пространство [2a01:288::/32](#)

IPv6 в SUnet

"Spectrum NET", от своя страна, делегира на СУ (срещу заплащане) префикса.

2a01:288:8000::/35

Т.е това е РА алокиране, за IPv6

RIPE NCC вече въведе РІ делегиране. В момента СУ кандидатства за $2 * /48$ РІ префикса по IPv6.

Всички факултети и звена в СУ имат маршрутизация по IPv6.