

# КОМПЮТЪРНИ МРЕЖИ

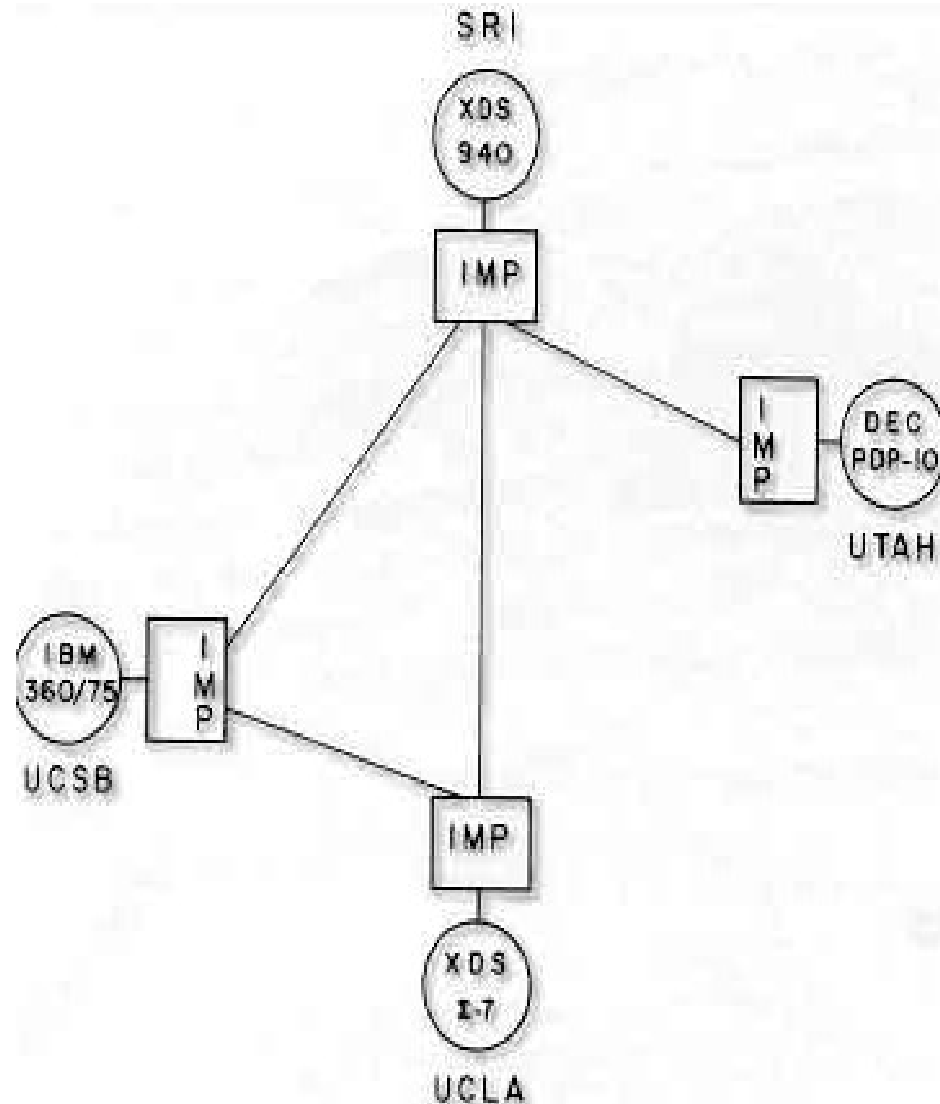
МАЛКО ИСТОРИЯ

# 1960 - 1969

**1958** В САЩ се формира Агенция за Съвременни Изследователски Проекти - Advanced Research Projects Agency ([ARPA](#)).

**1964** Развиване на теорията за пакетни комуникационни мрежи. Paul Baran, RAND: "On Distributed Communications Networks"

**1969** ARPANET е официално пусната в действие. Първоначално се състои от четири "възела" свързани с 50kbs линии предоставени от AT&T: UCLA, Stanford Research Institute (SRI), University of California Santa Barbara (UCSB), University of Utah.



# Paul Baran (1926–2011) – изобретателят на packet switching



# Paul Baran – Интернет пионер

**Paul Baran** (29.04.1926 – 26.03.2011) – американец от полски произход.

Разработва концепцията за оцеляваща и при апокалипсис комуникационна мрежа, когато работи за RAND Corp. в средата на 1960-те – Караибската криза.

Идеята за **packet switching** – движение на данни, разделени според Baran на "**message blocks**", в разпределена мрежа, намери реализация в ARPANET.

Идеята е революционна, че **AT&T** я отхвърля, нямало да сработи (по сведение на друг пионер Vinton Cerf).

MEMORANDUM  
RM-3420-PR  
AUGUST 1964

ON DISTRIBUTED COMMUNICATIONS:  
I. INTRODUCTION TO  
DISTRIBUTED COMMUNICATIONS NETWORKS

Paul Baran

PREPARED FOR:  
UNITED STATES AIR FORCE PROJECT RAND

# Първият IMP

Len Kleinrock и  
първият  
Interface  
Message  
Processor.



# 1970 - 1979

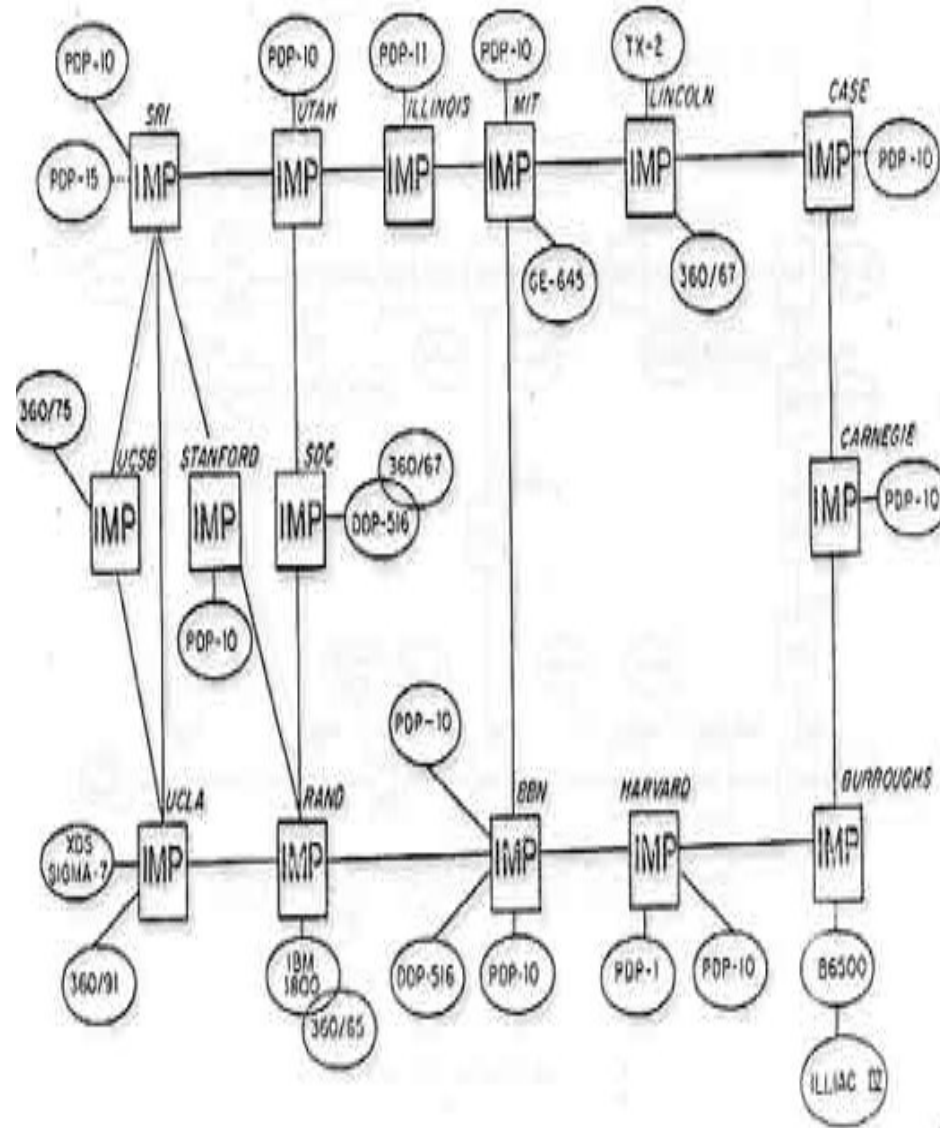
**1970** Първа публикация на оригиналния ARPANET Host-Host протокол: C.S. Carr, S. Crocker, V.G. Cerf, "HOST-HOST Communication Protocol in the ARPA Network"

ALOHAnet, първата пакетна радио мрежа е разработена от Norman Abramson, Хавайски Университет, започва действие. През 1972 е свързана към ARPANET.

Компютрите в ARPANET започват да използват Network Control Protocol (NCP), първия host-to-host протокол.

**1971** Мрежата вече се състои от 15 възела и 23 хоста: UCLA, SRI, UCSB, Univ of Utah, BBN, MIT, RAND, SDC, Harvard, Lincoln Lab, Stanford, UIU(C), CWRU, CMU, NASA/Ames

Ray Tomlinson от BBN изобретява **email** програма за изпращане на съобщения по компютърна мрежа.



# 1970 1979

**1972** Ray Tomlinson модифицира програмата за ARPANET. Знакът @ е бил избран от пунктуационните клавиши на телетайп Tomlinson's модел 33 заради значението "at" "при".

Първи разговор (чат) по мрежата.

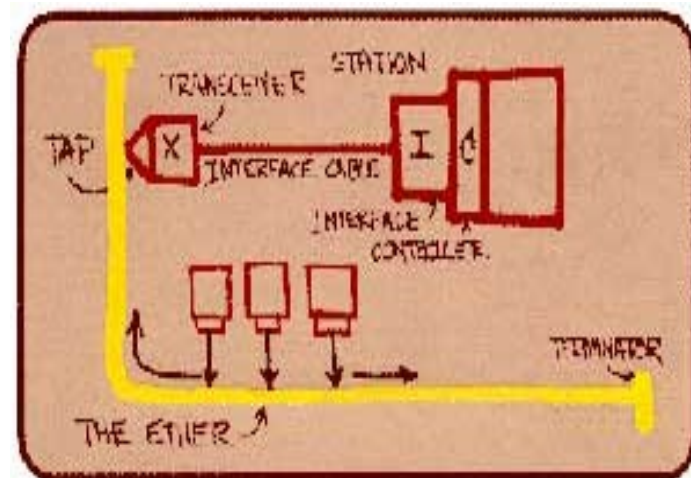
RFC 318: Telnet спецификация

**1973** Първи международни връзки към ARPANET - UCL, Англия.

В докторската си теза **Bob Metcalfe** от Харвард изказва идеята си за **Ethernet**. Концепцията е проиграна в компютъра Alto на изследователския център на Херох PARC в Алто, Калифорния. Там е създадена първата Ethernet мрежа.

Над 2000 потребители на ARPANET.

Изследване на ARPA сочи, че email съобщенията съставят 75% от целия трафик в ARPANET.





# 1970 - 1979

**1974** Vint Cerf и Bob Kahn публикуват "Протокол за свързване чрез пакетна мрежа", който детайлно описва TCP.

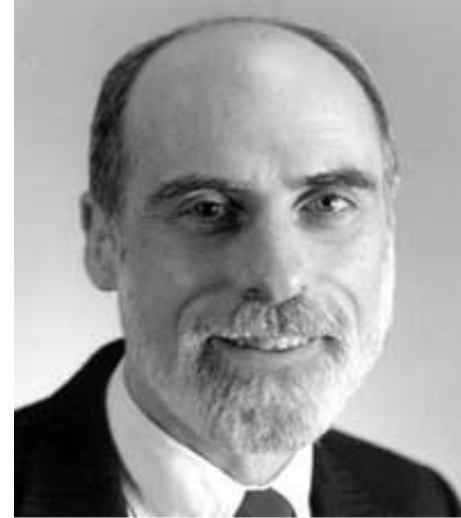
**1975** Първият пощенски списък в ARPANET, наречен MsgGroup, е създаден от Steve Walker.

**1976** UUCP (Unix-to-Unix CoPy) разработен в AT&T Bell Labs и разпространен с UNIX една година по-късно.

**1978** През Март TCP се разделя на TCP и IP.

**1979** USENET е създаден от Tom Truscott, Jim Ellis и Steve Bellovin. Всички оригинални групи се намират под net.\* йерархията.

На 12 Април Kevin MacKenzie израща съобщение до MsgGroup с предложение за добавяне на малко емоция в email съобщенията, като например :) за изплезен език. "Емотиконите" стават широко използвани.



# 1980 - 1989

**1981** IBM PC стартира през  
август 1981

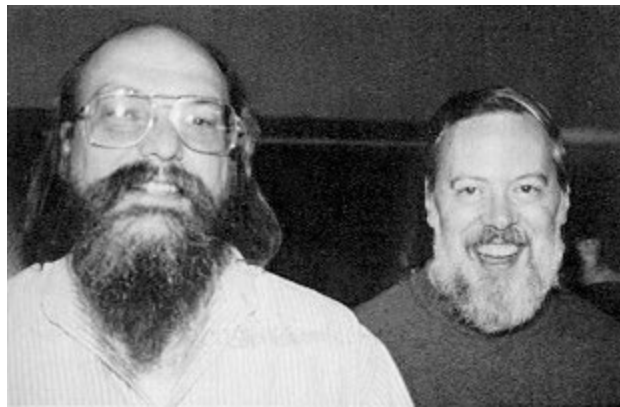
**1984** Първият **Apple  
Macintosh**. Със  
съвременен графичен  
интерфейс:

**Macintosh'89 = Windows  
95**

Локалната мрежа  
**AppleTalk**



# 1980 – 1989 (Unix и C)



През 1983 г. Ken Thompson и **Dennis Ritchie [1941-2011]** получават **Turing Award** за разработване на обща теория на операционните системи и по-специално **ОС UNIX**.

**Ritchie** е известен и като създател на **езика Си**.

Приносът на Ritchie към Unix е в универсалността: възможността за портиране на различни машини и платформи.

# 1980 - 1989

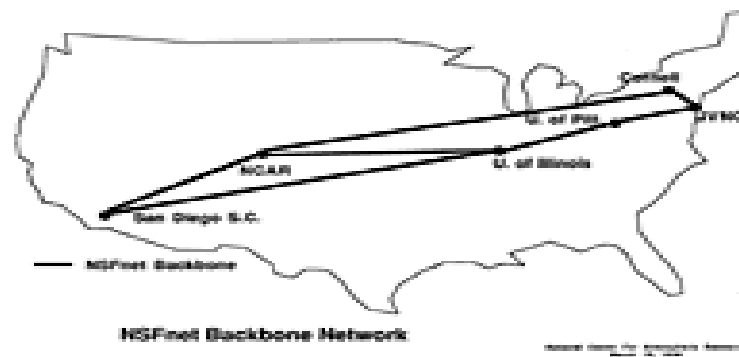
**1982** DCA и ARPA налагат Transmission Control Protocol (TCP) и Internet Protocol (IP) познати като **TCP/IP** за стандартно ползване в ARPANET.

Това води до първите дефиниции на "интернет" като свързани мрежи, особено тези ползващи TCP/IP, и "Интернет" като всички свързани TCP/IP интернети.

**EUnet** (European UNIX Network) е създаден от EUUG за осигуряване на email и USENET услуги. Мрежата е базирана на съществуващи връзки между Холандия, Дания, Швеция и Великобритания.

**Exterior Gateway Protocol** (RFC 827) спецификация. EGP се използва за входни точки между мрежите.

**1984** Domain Name System (**DNS**) е въведена.



# 1980 - 1989

**1985** На 15 Март Symbolics.com става първият регистриран домейн. Останалите първи: stu.edu, purdue.edu, rice.edu, berkeley.edu, ucla.edu, rutgers.edu, bbn.com (24 Април); mit.edu (23 Май); think.com (24 Май); css.gov (Юни); mitre.org, .uk (Юли).

**1986** **NSFNET** създаден със скорост от 56Kbps. NSF създава 5 центъра за суперкомпютърни изчисления и това позволява експлозия на връзките към Интернет, особено от университетите.

Network News Transfer Protocol (NNTP) е създаден за подобрене на предаването на Usenet новините по TCP/IP.

# 1980 - 1989

**1987 Email** връзка открита между Германия и Китай, първото съобщение изпратно от Китай на 20 Септември.

**1988 2 Ноември** - Интернет червей плъзва по Мрежата, засяга около 6000 от всички 60000 хоста в Интернет. CERT (Computer Emergency Response Team) е формиран от DARPA в отговор на инцидента с червея.

NSFNET гръбнакът е надграден до (1.544Mbps).

Internet Relay Chat (IRC) разработен от Jarkko Oikarinen.

**1989** Над 100 000 хоста в Интернет. Австралия се свързва към NSFNET чрез Хавай на 23 Юни.

# 1990 ...

**1998 IPv6** 128-bit, RFC 2460

**2000** Масивна атака за спиране на услугите (**Denial of Service**) е стартирана срещу главни уеб сайтове, включително Yahoo, Amazon, и eBay в началото на Февруари.

Размерът на световната мрежа преминава **1 милиард страници**.

ASP (Active Server Pages), Napster (P2P технология)

Идващи технологии: безжички мрежови уреди, **IPv6** (2012)

Вируси на годината: Love Letter (Май)

Съдебни дела на годината: Napster, DeCSS

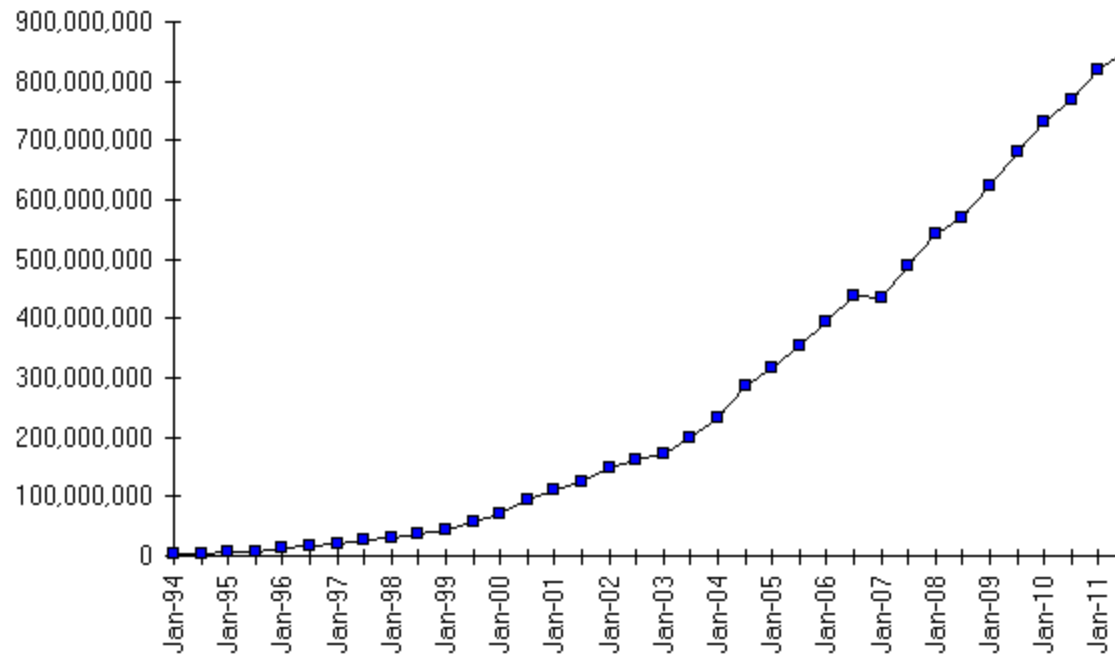
**2001** Препращането на електронна поща става нелегално в Австралия след приемане на законът "Digital Agenda", тъй като то се гледа като техническо нарушаване на лични интелектуални права.

Домейните .biz и .info са добавени в DNS root сървъра на 27 Юни, възможни регистрации от Юли.

Червеят Code Red и вирусът Sircam проникват в хиляди уеб сървъри и съотв. пощенски кутии, причинявайки временна експлозия в трафика по Интернет и нарушенията на сигурността.

# Интернет хостове. 1981-2010.

Internet Domain Survey Host Count

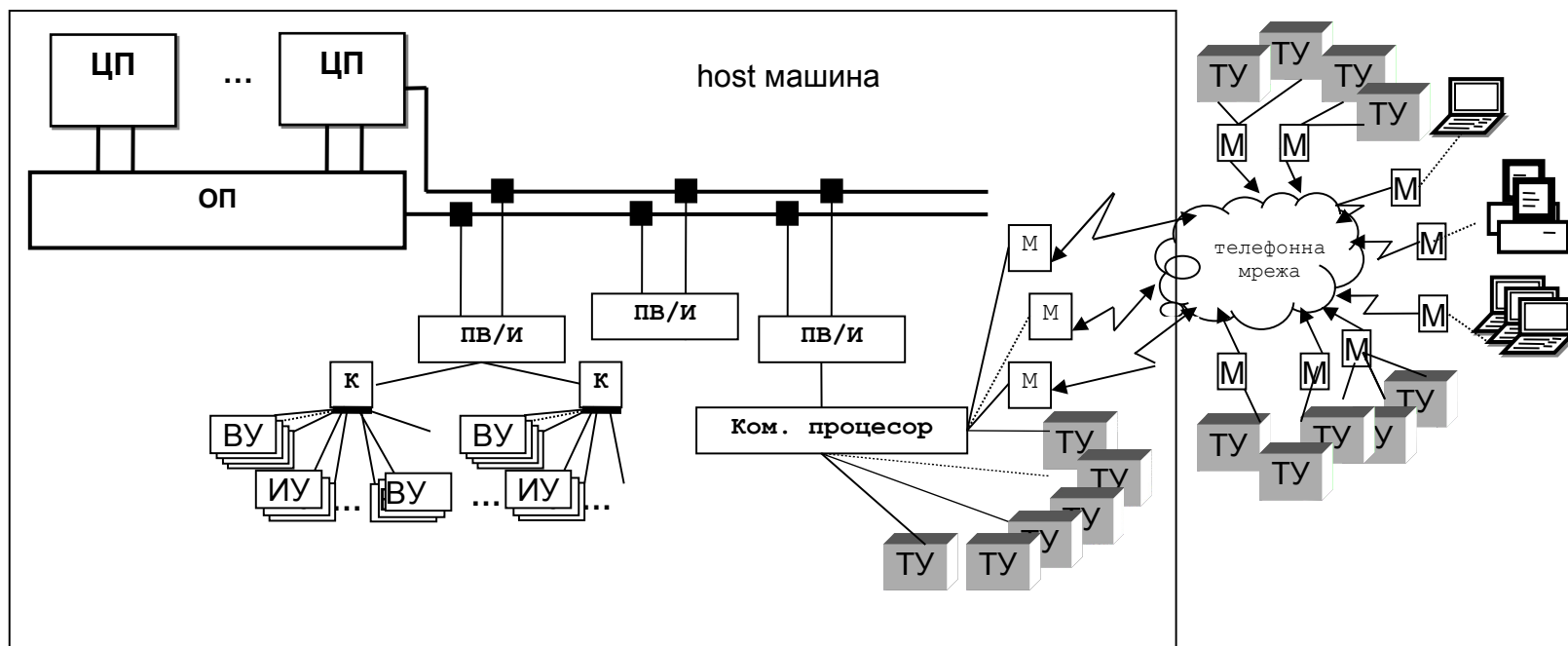


Source: Internet Systems Consortium ([www.isc.org](http://www.isc.org))



# Терминални комплекси и мрежи

Предвестници – необходимостта от ефективен и удобен за потребителя достъп до ресурсите на тогавашните Големи машини (Mainframe). Йерархична структура.



# Компютърни мрежи

Свързване на терминални мрежи помежду им – създаване на мрежи от компютри. Всеки потребител може да получи достъп до всяка приложна програма върху който и да е хост.

Терминалната мрежа с йерархична структура с централизирано управление.

В компютърните мрежи – разпределяне на управлението между съставлящите я компоненти – разпределени мрежи от компютри.

Компютърна мрежа – взаимно свързани чрез определена технология автономни машини.

# Компютърна мрежа vs. Разпределена система

При Р.С. Връзката между компютрите е прозрачна за потребителя. Последният разглежда съвкупността от компютри като единна система (виртуален процесор).

К.М. – потребителят използва определена машина и управлява процеса на предаване на информация.

Общо Р.С. и К.М. – пренос на файлове между няколко процесора.

К.М. – системи със сложно поведение: многомашинни комплекси и усъвършенствани комуникации.

# Компютърни мрежи. Предпоставки за развитието.

През 1980-те години – персоналните компютри – голяма изчислителна мощност на бюрото. Възниква необходимост от тяхното свързване в рамките на една или повече сгради, достъп до обща Б.Д. или други изчислителни ресурси.

Оформят се:

на единия полюс - Глобална (**Global Network**) – огромни разстояния – обикновено се отнася за Internet ('Net)  
на другия Локална (**Local Area Network**) – разстояние не повече от няколко километра. Ако свързва няколко сгради на ограничена територия: Кампус мрежа (напр. “Лозенец”, 4 км, Ректорат)

# (прод.) ...Предпоставки

По ”средата”:

Градска (Metropolitan Area Network - **MAN**)

Регионална (Wide Area Network - **WAN**) – страна, континент; по-обобщено – външната връзка на една локална мрежа (напр. WAN порта на Wi рутер)

Частна (Virtual Private Network - **VPN**) – защитени връзки – тунели (напр. криптиране) между офисите на една организация в рамките на публичната “Net.

# Модел Клиент-Сървър

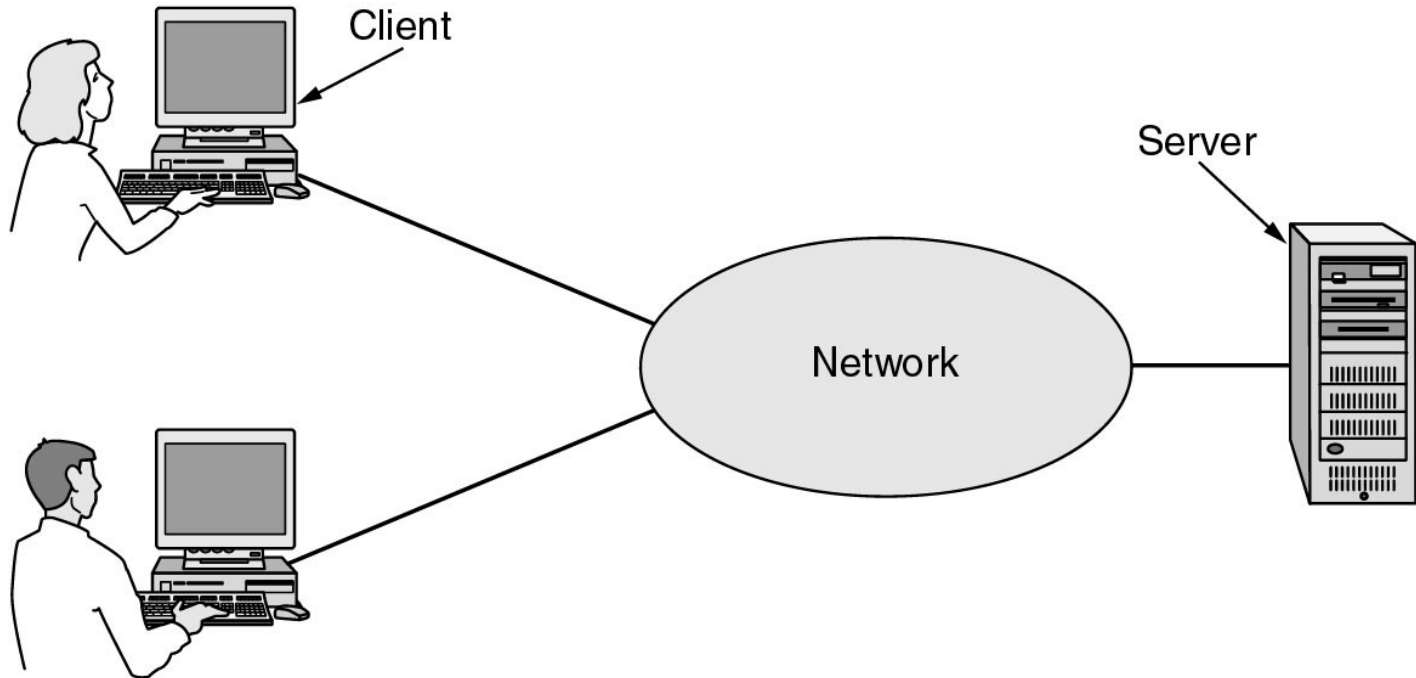
**Разпределено използване** на ресурсите – напр. обща Б.Д. или общ принтер (скъпо удоволствие за всяко бюро, даже inkjet от 100 лв., но скъп консуматив)

**Обща Б.Д.** – на по-мощен компютър – **сървър** със системен администратор. Служителите достъпват до него от по-маломощни машини – **клиенти**. Или

**Web сървър** (машина с **Apache**) – web клиент (PC с **браузър**).

Два основни процеса: на клиента и на сървъра.

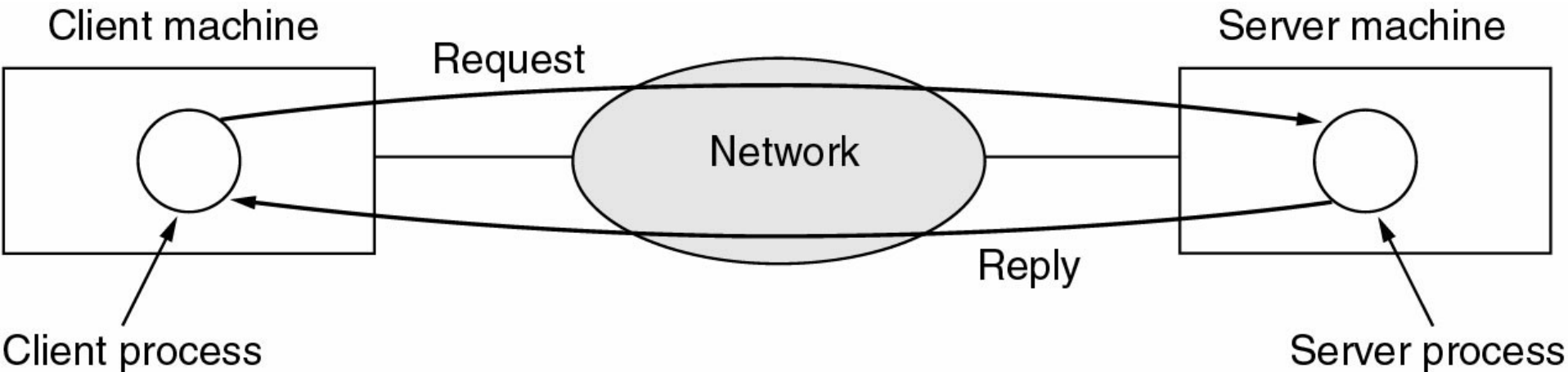
# Модел Клиент-Сървър



Мрежа от два клиента и един сървър

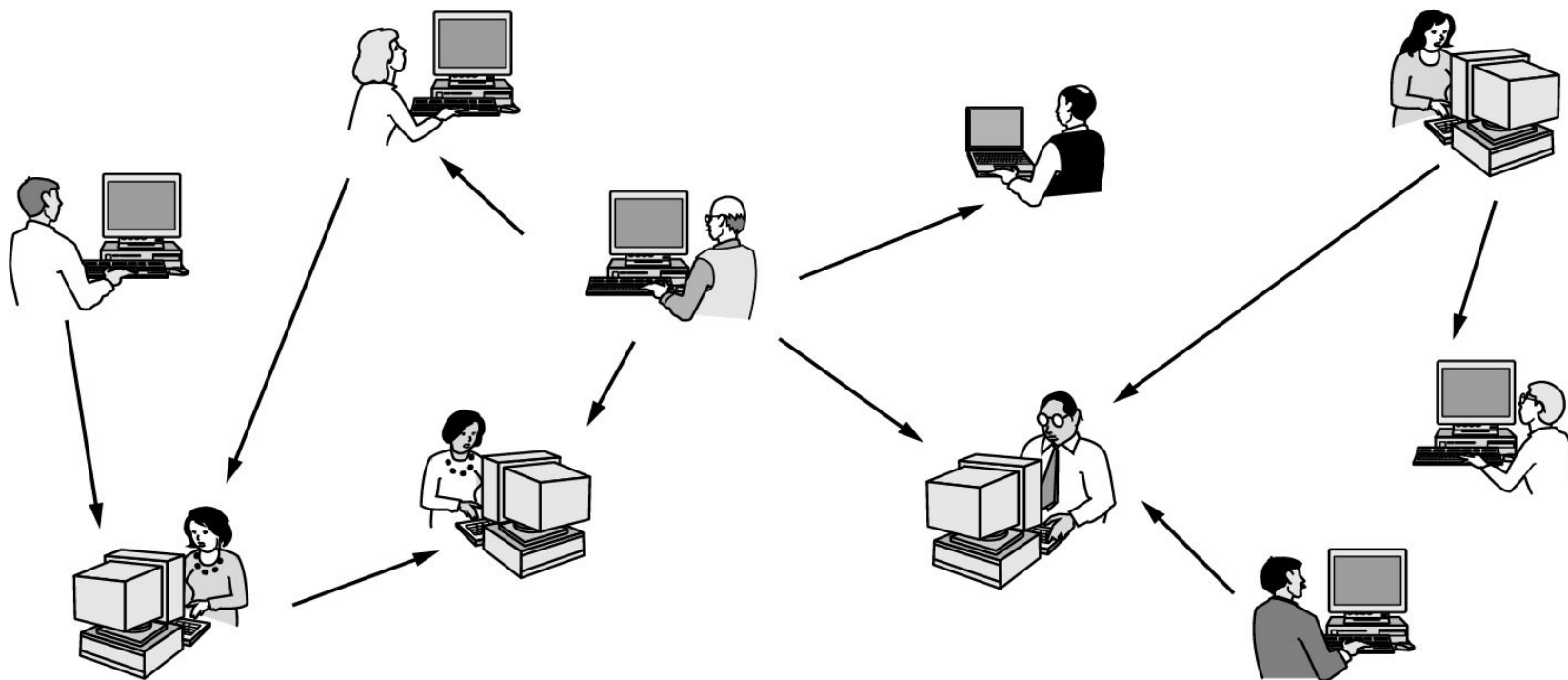
# Модел Клиент-Сървър

- **Клиентският процес** изпраща заявка (request) до сървърския процес, който след съответната обработка връща отговор до клиента.
- **Обменът на данните** между клиент-сървър – по **протокол**. Това е набор от правила и съответни действия, които се извършват, за да се осъществи обмен.





# Система с равностойни машини

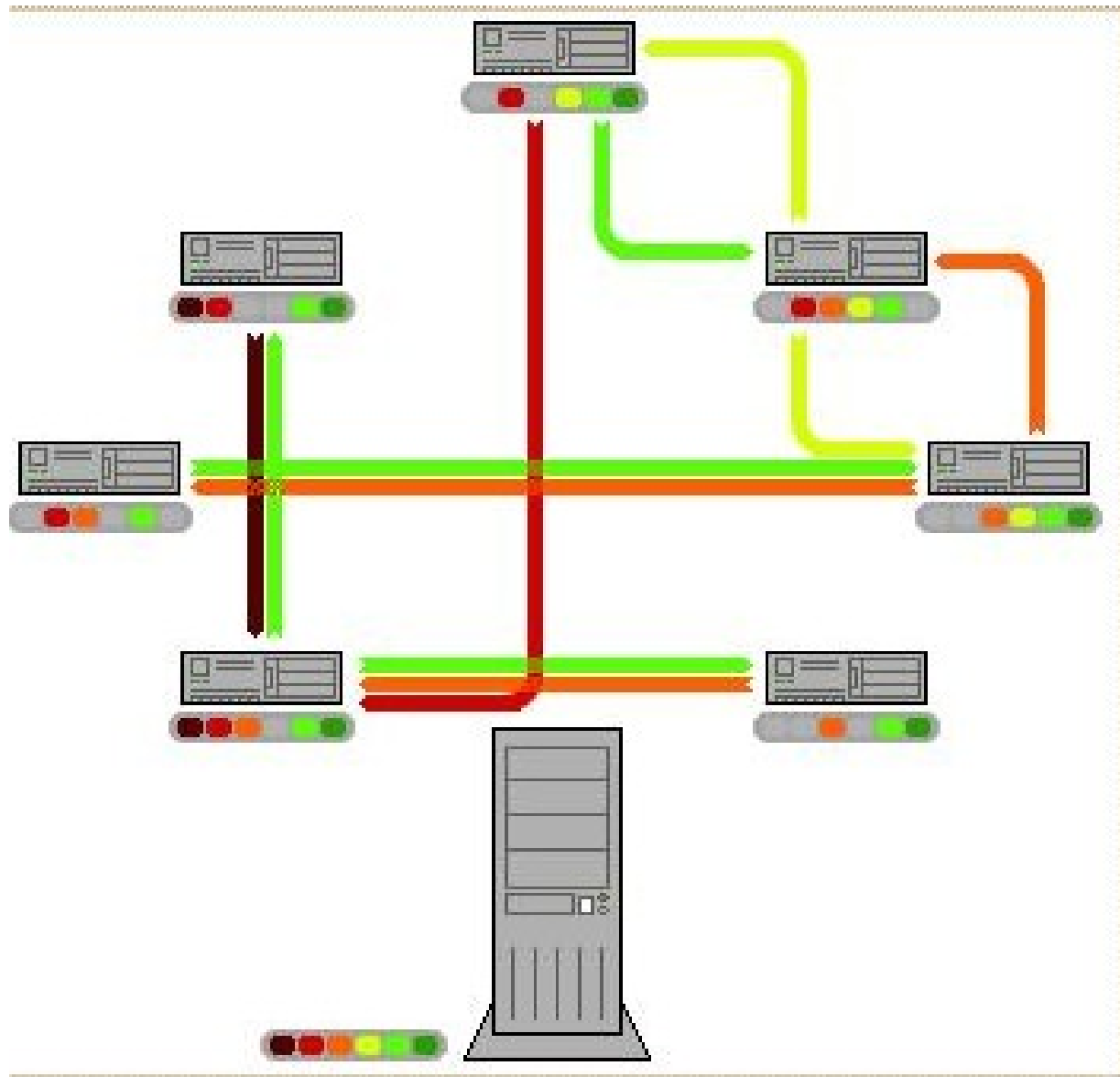


Или **peer-to-peer (P2P)** - няма фиксирани клиенти и сървъри.

Напр. File Sharing (споделяне на файлове) между Windows машини.

**BitTorrent** - P2P file sharing протокол за разпространение на големи обеми от данни (най-вече филми).

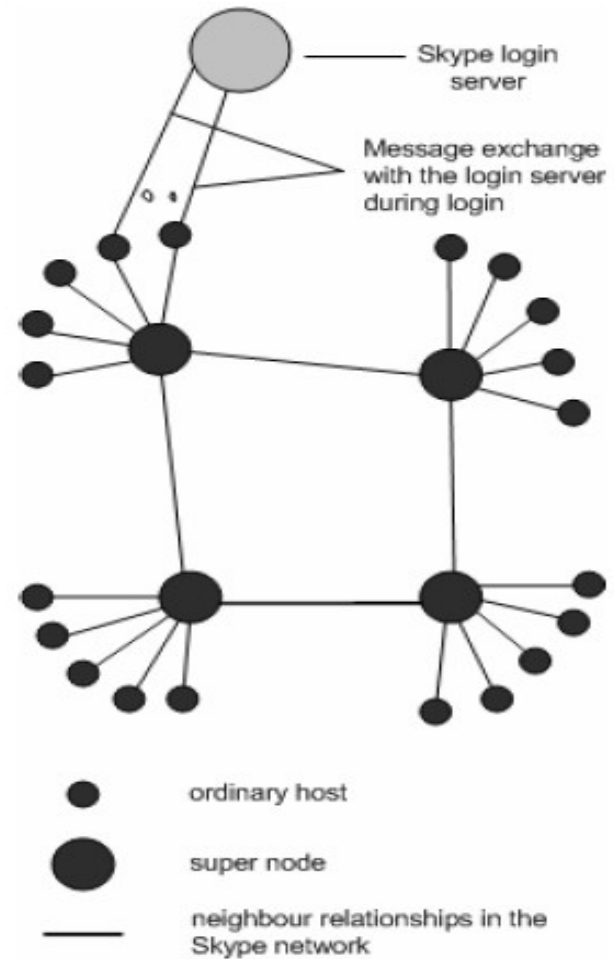
# BitTorrent



# Skype Peer-to-Peer Internet Telephony Protocol

С изключение на сървъра за първоначална аутентикация, няма друг централен сървър в Skype.

Skype използва 256-битово **AES** (Advanced Encryption Standard) криптиране.



# Използване на компютърните мрежи

Бизнес приложения – електронна поща, е-търговия, Б. Д.

Домашни приложения

Мобилни потребители

Социални аспекти – каква информация се разпространява: вярна – невярна, цензурна-нецензурна, права на човека, етика в отношенията, авторски права, атаки (DoS, DDoS), хакери (остават скрити) и кракери (извеждат системата от строя), phishing

# Домашни приложения

Отдалечен достъп до информация

Общуване с хора (e-mail, skype, icq и др.)

Игри в мрежа, Video on Demand, youtube

Е-търговия

# Е-ТЪРГОВИЯ

Tag	Full name	Example
B2C	Business-to-consumer	Ordering books on-line
B2B	Business-to-business	Car manufacturer ordering tires from supplier
G2C	Government-to-consumer	Government distributing tax forms electronically
C2C	Consumer-to-consumer	Auctioning second-hand products on-line
P2P	Peer-to-peer	File sharing

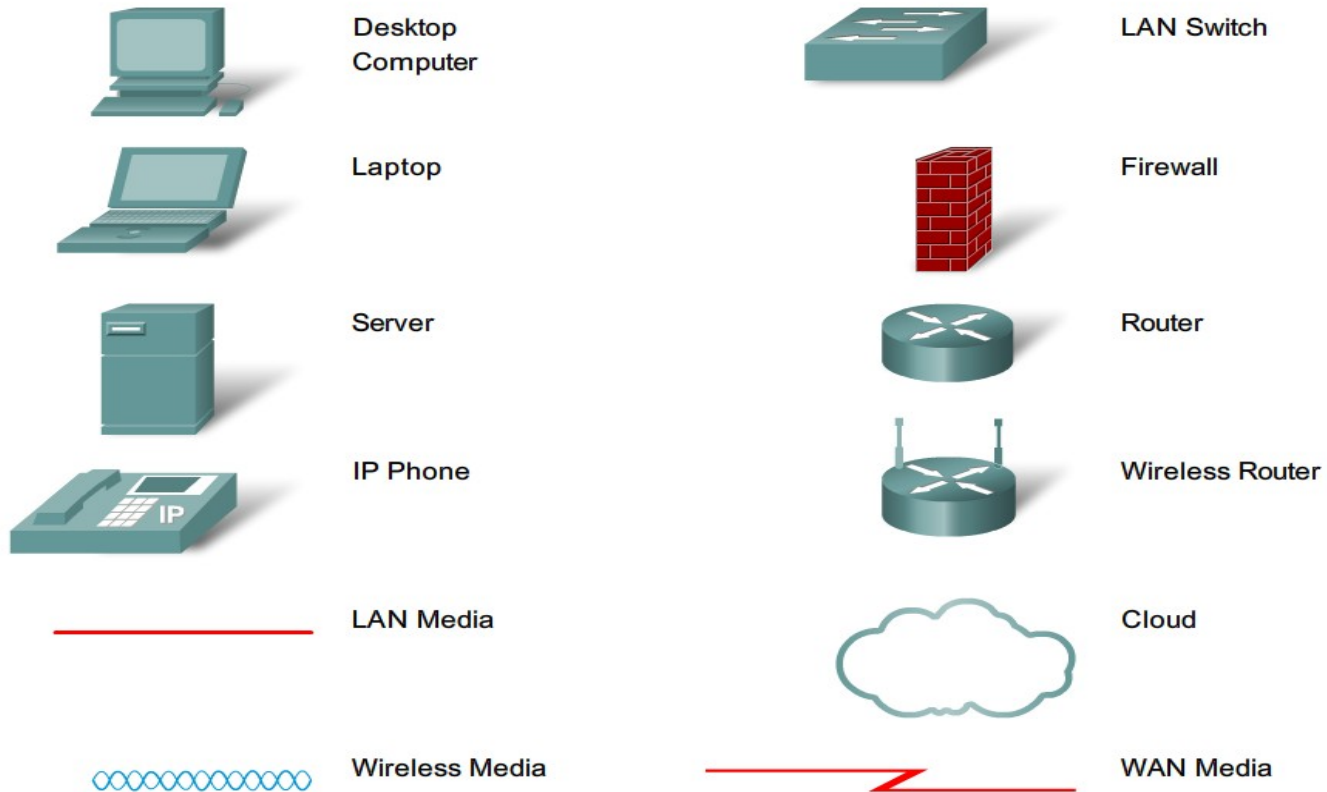
**G2G** – подписано споразумение по електронен път между президента Клинтън на САЩ и министър-председателя на Ирландия

# Мобилни потребители и мрежи

<b>Wireless</b>	<b>Mobile</b>	<b>Applications</b>
No	No	Desktop computers in offices
No	Yes	A notebook computer used in a hotel room
Yes	No	Networks in older, unwired buildings
Yes	Yes	Portable office; PDA for store inventory

Специализиран протокол WAP; VPN – за мобилните служители, т. нар. Търговски пътници

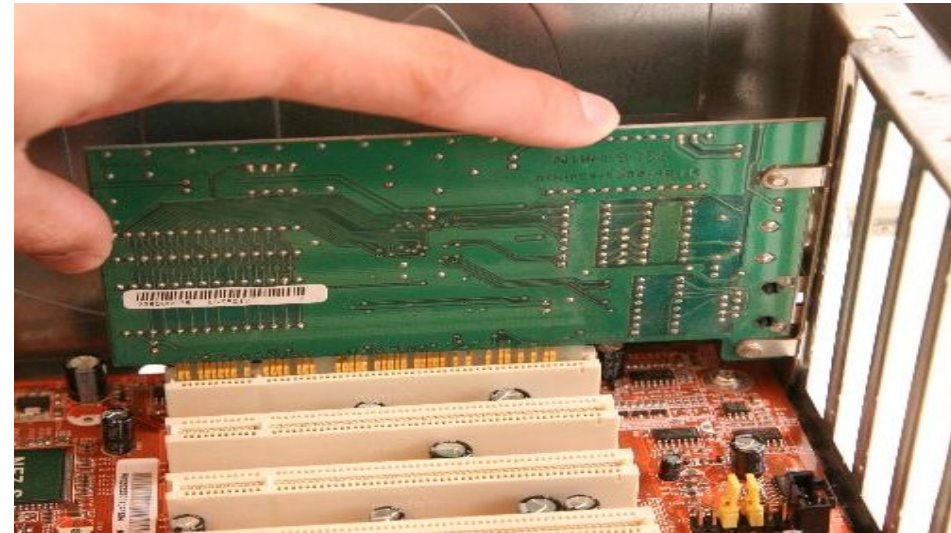
# Мрежов хардуер





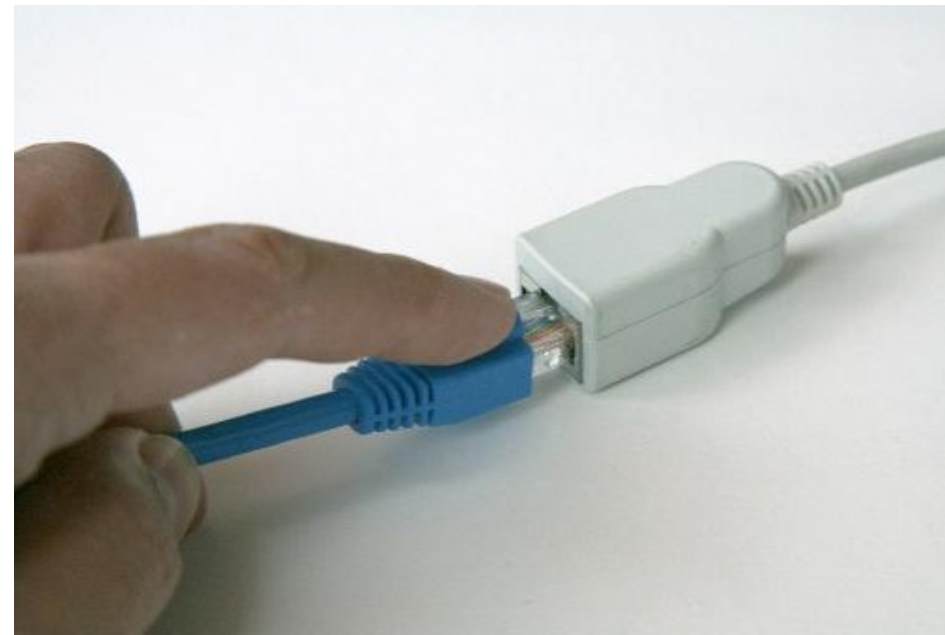
# Мрежов хардуер - адаптери

- PCI карта
- USB адаптер



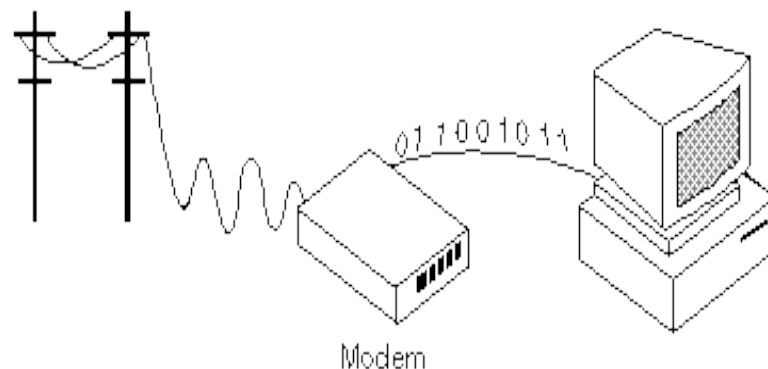
# Мрежов хардуер - адаптери

- CardBus адаптер



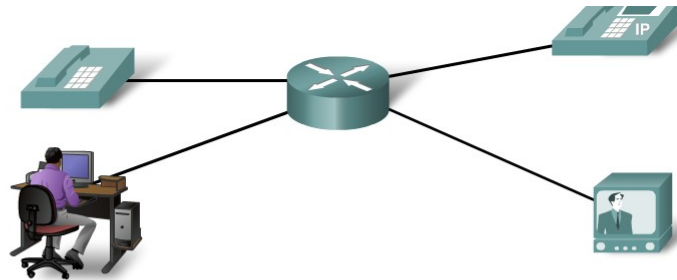
# Мрежов хардуер - модеми

- *модулатор-демодулатор.*  
Устройство, което позволява на компютъра да предава цифрови данни по аналогова (dial-up) или цифрова (DSL) телефонна линия.



# Мрежов хардуер – съобщителни среди

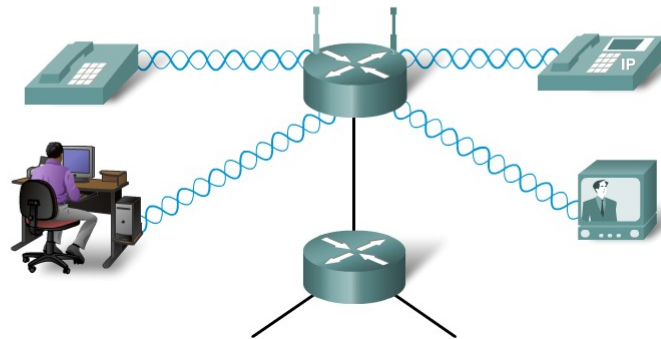
Wired networks used physical cables to connect devices.



Wireless networks use radio waves to communicate between devices.



Wireless networks are also connected to wired networks, at some point.



**Жични** – UTP, S(F)TP, коаксиални и далекосъобщителни медни и оптически (Fiber Optic - FO) кабели

**Безжични** среди - ефира

# Мрежови топологии

**Мрежовата топология** е учение за *поддрездането* или *графичното изобразяване* на елементите (каналы, възли и т.н.) на мрежата, точно физическите (реалната) и логическите (виртуална) съединения между възлите. Възел е точка, в която се събират два или повече физически (логически) канала. Ролята на възел се изпълнява от компютър (маршрутизатор, сървър и др.) или комутатор.

**Мрежовата топология** може да се разглежда и като **граф**.

**Три основни категории** мрежови топологии: физически, сигнални, логически

**Физическата** определя геометричното свързване на физическите канали

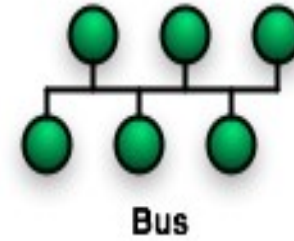
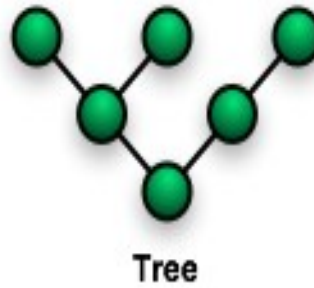
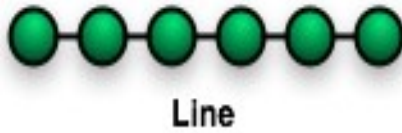
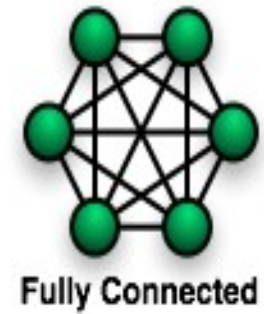
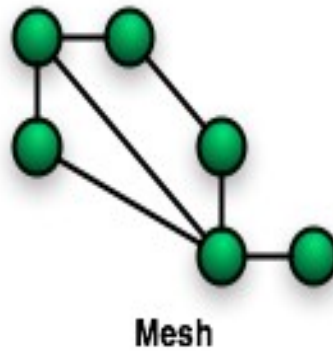
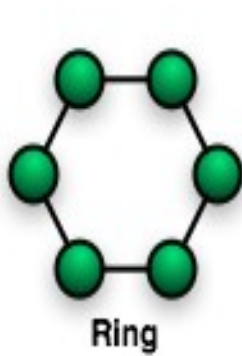
**Сигналната** отразява свързването между възлите в мрежата от гледна точка на пътя на сигналите. Често се смесва логическата топология, но тук говорим конкретно за електрическите (оптически) сигнали, а не за данни.

# Мрежови ТОПОЛОГИИ

**Логическата** отразява свързването между възлите в мрежата от гледна точка на пътя на данните. Определят се от мрежовите протоколи, а не от кабели, устройства или потока на електрическите сигнали, макар че често пътят на последните съвпада логическия поток на данните.

**Логическата** топология е възможно да се реконфигурира динамично от устройства като маршрутизатори и комутатори.

# Видове топологии



# Видове топологии

**Централизирана (star)** изисква всички абонати да имат връзка с централния възел, за да комуникират помежду си. Пример, физическа топология на локална мрежа в зала или на етаж, логическа – система клиент-сървър.

**Дървовидната (tree, extended star)** се прилага в структурните каблени системи (СКС) при изграждане на локални мрежи в сгради и кампуси (в този случай имаме *гора*).

**Кръгова (ring)** – възлите са свързани в кръг. Пример: логическата топология на LAN Token Ring и FDDI, но физическата топология може да бъде звезда (централен възел MAU в IBM TR) или шина (3Com TR).

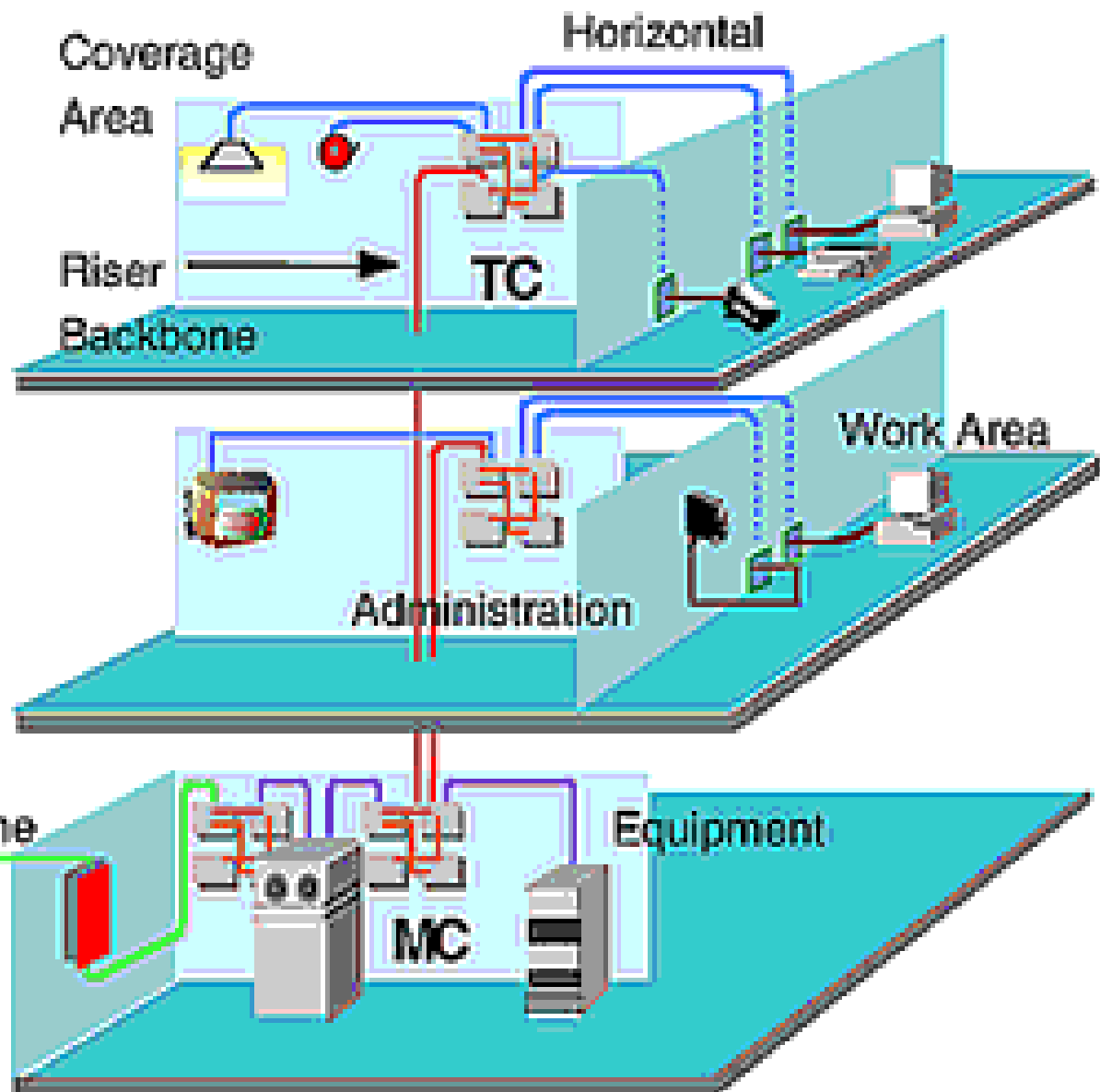
**Частична или пълна свързаност (Mesh, Fully Mesh-Connected)** – физически това са топологии на WAN мрежи, в общия случай Internet. Логическа: Peer-to-peer мрежа.

**Шинна (bus)** прилага се в LAN Ethernet (логическа). Първите реализации с коаксиален кабел физическата топология съвпаднаше. В днешно време на UTP кабели имаме звезда и дърво.



# Пример СКС (extended star)

## Structured Cabling Subsystems



# Мрежови Стандарти

**International Organization for Standardization (ISO)** за международни стандарти. В нея влизат национални организации.

**ISO/IEC Joint Technical Committee 1.** (International Electrotechnical Commission). Стандарти в областта на ИТ.

**ITU** (Международен съюз по телекомуникации), бивш **ССИТ**

Занимава се с развитие и стандартизация в областта на радио- и телекомуникациите.

Примери:

- **V.35** – синхронни комуникации;
- **V.92** – асинхронни (dial-up) модеми;
- **X.400** (ISO/IEC 10021) – обмен на електронни съобщения;
- **X.500** (ISO/IEC 9594-1) – директорийни услуги;
- **X.509** (ISO/IEC 9594-8) – public key infrastructure (PKI), сертификати.

# Стандарти на IEEE 802

Number	Topic
802.1	Overview and architecture of LANs
802.2 ↓	Logical link control
802.3 *	Ethernet
802.4 ↓	Token bus (was briefly used in manufacturing plants)
802.5	Token ring (IBM's entry into the LAN world)
802.6 ↓	Dual queue dual bus (early metropolitan area network)
802.7 ↓	Technical advisory group on broadband technologies
802.8 †	Technical advisory group on fiber optic technologies
802.9 ↓	Isochronous LANs (for real-time applications)
802.10 ↓	Virtual LANs and security
802.11 *	Wireless LANs
802.12 ↓	Demand priority (Hewlett-Packard's AnyLAN)
802.13	Unlucky number. Nobody wanted it
802.14 ↓	Cable modems (defunct: an industry consortium got there first)
802.15 *	Personal area networks (Bluetooth)
802.16 *	Broadband wireless
802.17	Resilient packet ring

Работните групи на 802. Най-важните \*.  
Отмиращите са ↓.

# IETF и RFC

**Internet Engineering Task Force (IETF - [www.ietf.org](http://www.ietf.org))** е отворена международна общност от мрежови проектанти, оператори, производители и изследователи, които се занимават с развитието на Internet архитектурата и експлоатацията.

Дейността на IETF се осъществява от **работни групи**, разпределени по тематики – маршрутизация, транспорт, сигурност и др.

**Request for Comments (RFC)** е меморандум, публикуван от IETF ([www.ietf.org/rfc.html](http://www.ietf.org/rfc.html)), който описва методи, поведения, проучвания или иновации, приложими към работата на Internet и свързани с нея системи.

# Класификация на мрежите

Основните типове мрежи се определят въз основа на две характеристики:

- Режим на предаване на данните;
- Физически размер на мрежата;
- Юридически права.

# Видове мрежи според режима на предаване на данните

- **Предаване до всички (общодостъпно – Broadcast).** Прилага(ше) се при LAN. Общ комуникационен канал, който се разпределя между всички в мрежата. Пакети (съобщения) се получават от всички, но ги прочита този, който си познае адреса. Частен случай – групово предаване (multicast).
- **Точка-точка (Point-to-point)** – WAN мрежите се състоят от множество връзки “точка - точка” с произволна топология. Затова се налага маршрутизация – намиране на оптималния път.

# Видове мрежи според физическия размер

Interprocessor distance	Processors located in same	Example
1 m	Square meter	Personal area network
10 m	Room	
100 m	Building	
1 km	Campus	Local area network
10 km	City	
100 km	Country	Metropolitan area network
1000 km	Continent	
10,000 km	Planet	Wide area network
		The Internet

PAN – многопроцесорна система

# Юридически права

Имаме ли права върху земята, върху която се изгражда мрежата:

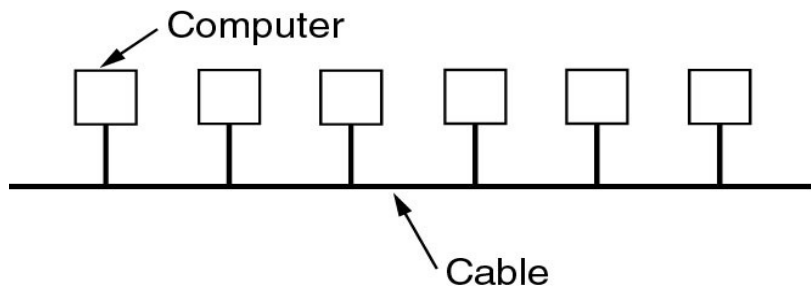
- **имаме**: локални, кампус мрежи – отговаряме за всичко – от кабели до приложения;
- **нямаме** (всички останали: MAN, WAN...), разчитаме на мрежов или телеком оператор.

В днешно време това е **основния критерий**:

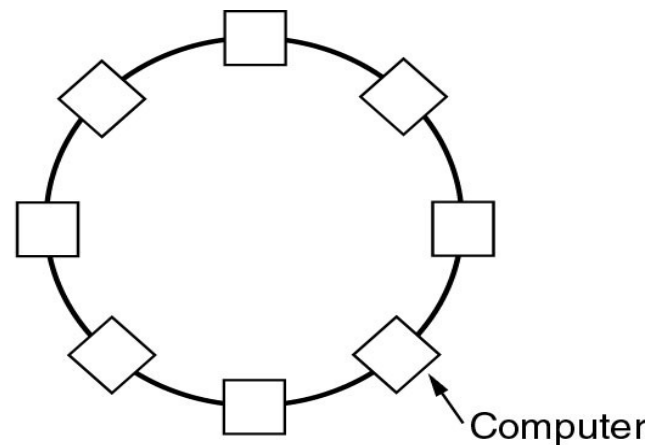
- **имаме** уеднаквяване (конвергенция) в скорости, технологии, напр. LAN и WAN портовете на Wi рутерче – напълно еднакви.



# Локални мрежи



(a)



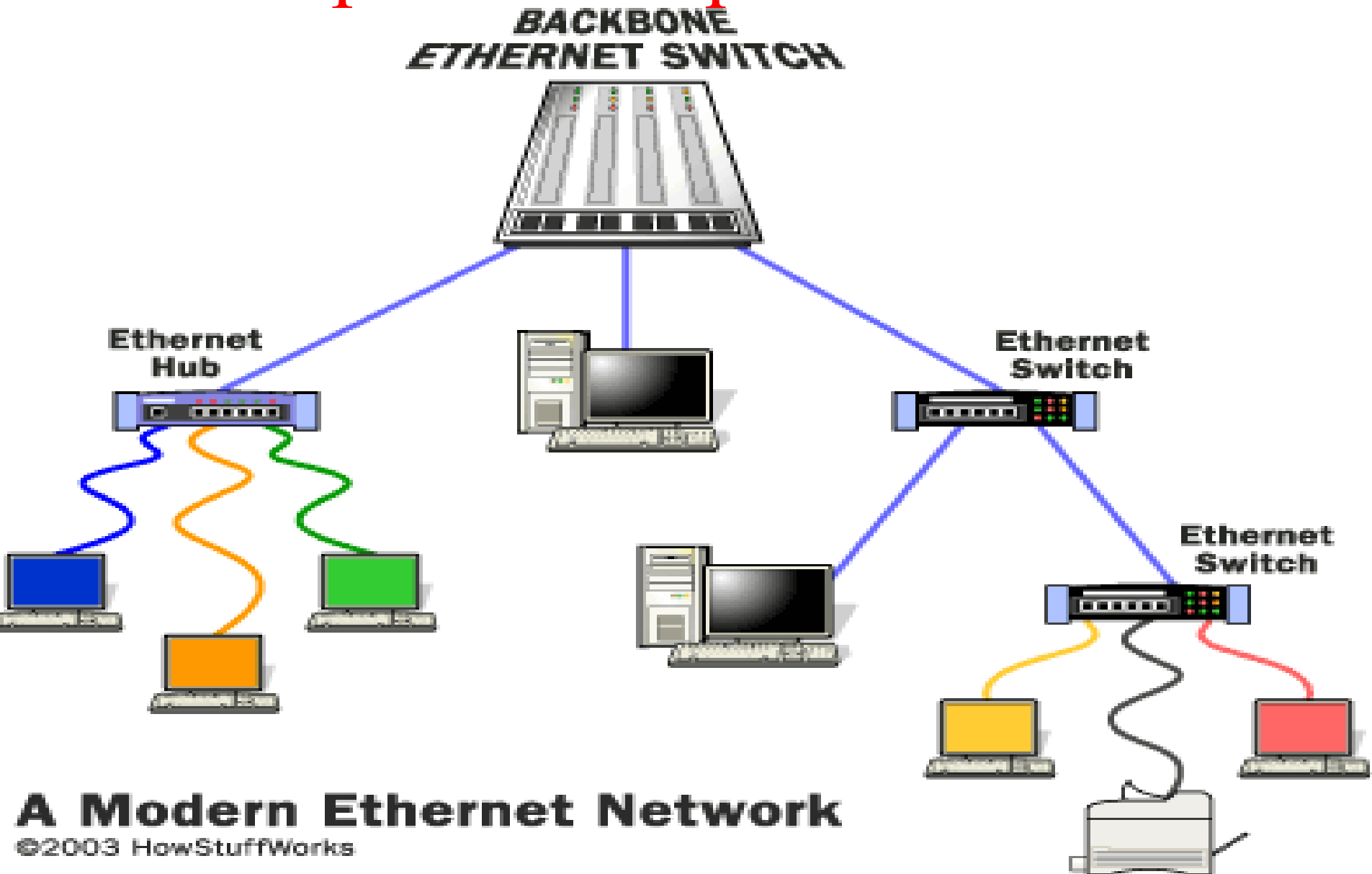
(b)

Старите локални мрежи (legacy LANs) бяха broadcast, с шинна (Bus) – Ethernet, или кръгова (Ring) – Token Ring, FDDI, топология (физическа и логическа).

Междинен етап мрежи Ethernet на база на хъбове (shared) с физическа топология “звезда”. TR и FDDI поради сложността им бяха изоставени (също имаха хъбове и суичове).

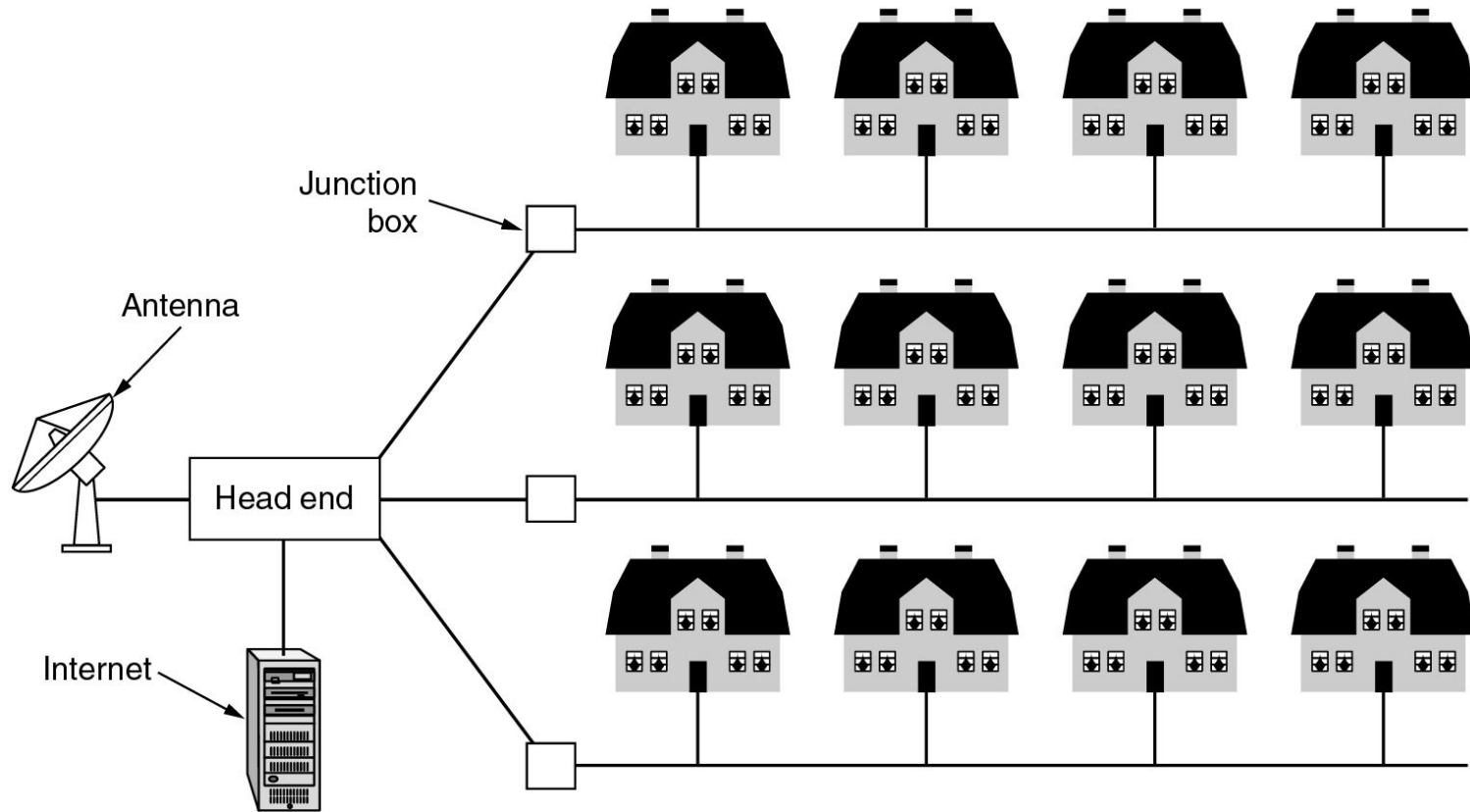
Съвременните мрежи Ethernet - **switched Ethernet**. Всяка станция има гарантирана скорост: 10, 100, 1000 Mbps, 10 Gbps. Логическата топология на практика е “всеки-с-всеки”.

# Съвременна мрежа Ethernet



**A Modern Ethernet Network**

# Градски мрежи (Metropolitan Area Networks)



Това **не е MAN** мрежа, а мрежа за домашни потребители на базата на cable TV.

# Metropolitan Area Networks (MAN)

**MAN мрежата** се състои от две основни части - опорна мрежа (backbone) и клиентски интерфейс.

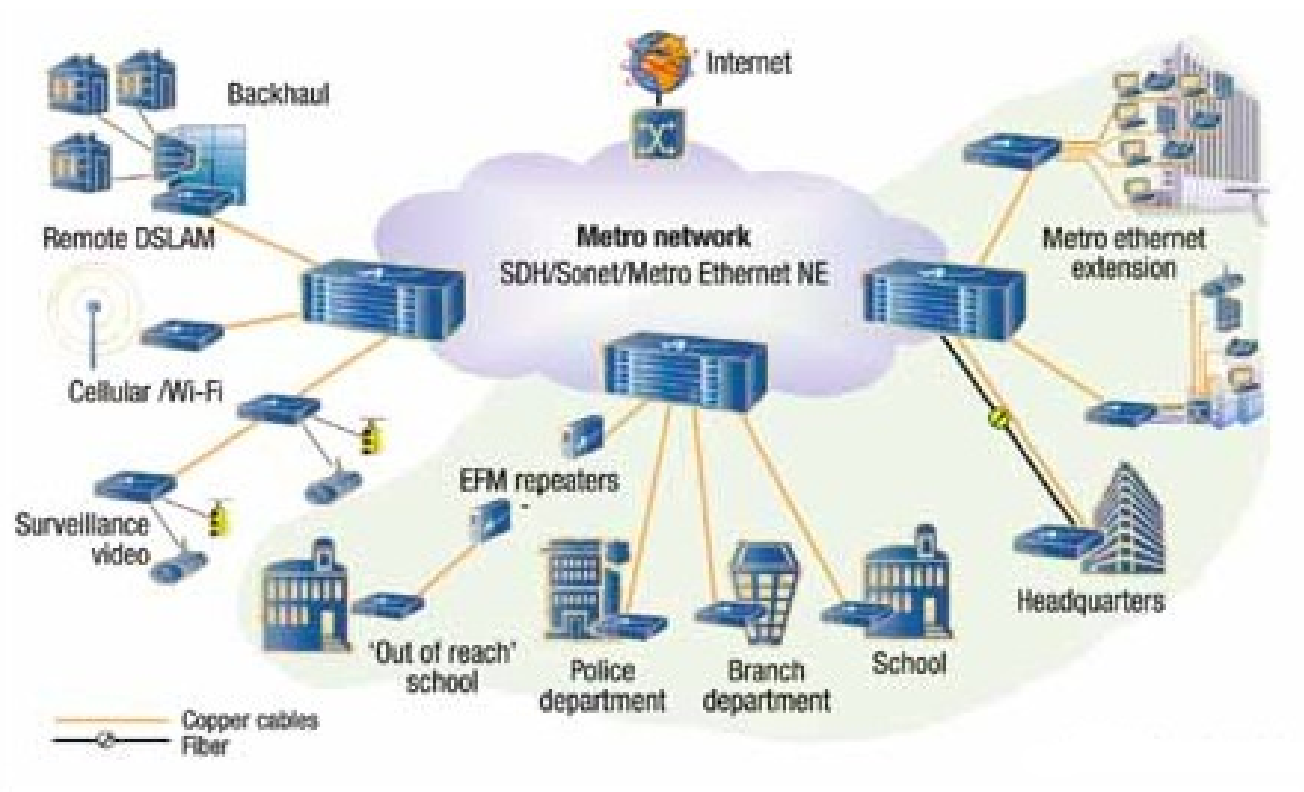
**Съобщителна среда** е оптически кабел. Използва инфраструктурата на телеком и кабелни оператори и технологията **switched Ethernet**. Затова се нарича още **Metro Ethernet**.

**Топология** - кръг, hub-and-spoke (звезда), напълно или частично свързана.

**Опорната мрежа** представлява набор от точки за достъп (POP - point of presence), в които има комутатори (на 2 и 3 слой) и/или маршрутизатори, свързани помежду си с високоскоростни връзки.

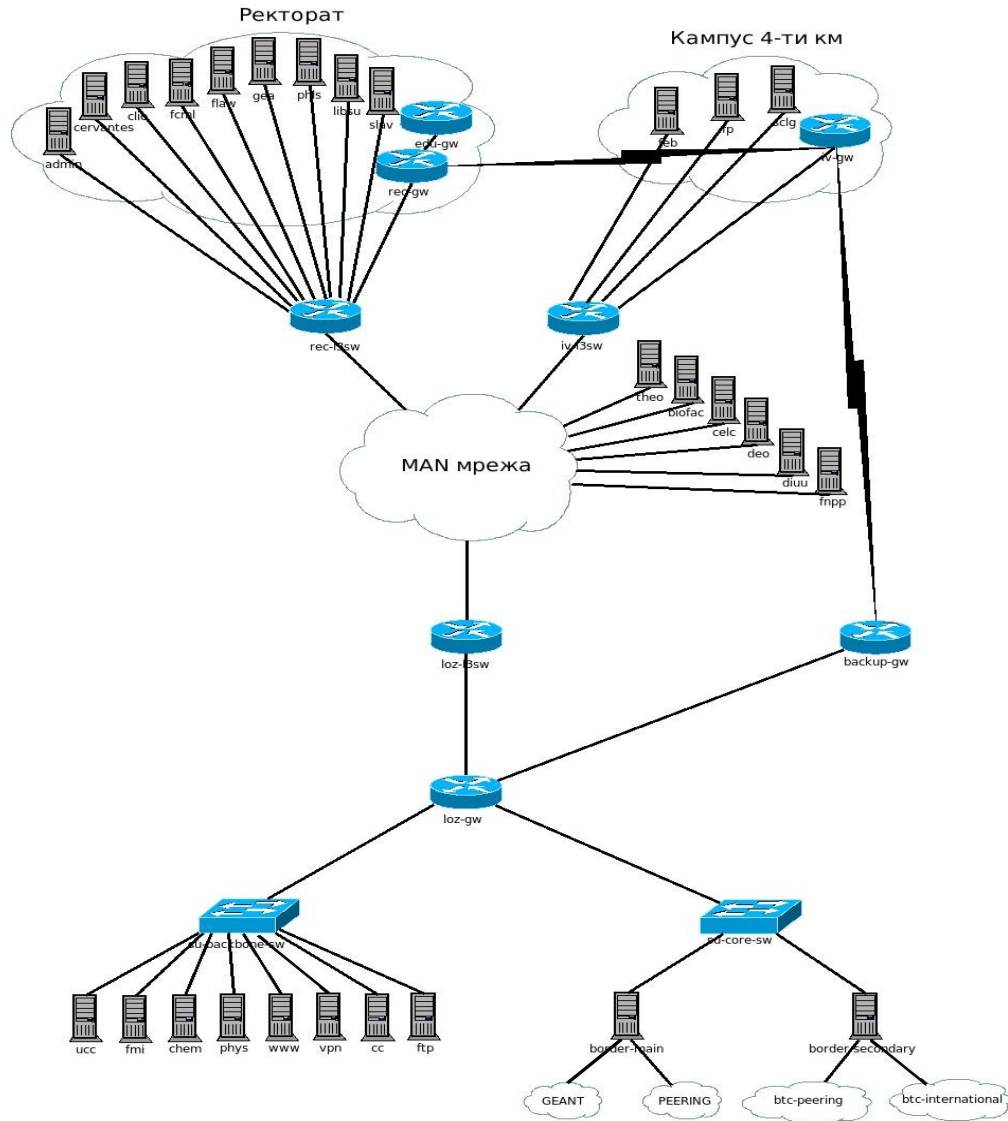
**Клиентският интерфейс** представлява оптичен кабел, прокаран между абоната и най-близката точка за достъп. За да се осъществи връзка между два или повече абонатни поста, в опорната мрежа се конфигурира виртуална локална мрежа (VLAN). Тъй-като връзките в опорната мрежа са резервирани, MAN-връзката е дори по-надеждна от директен кабел (dark fiber), положен между две точки.

# MAN



# MAN мрежа на СУ

Топологија на мрежата на СУ "Св. Климент Охридски"



# Глобални (рег.) мрежи - Wide Area Networks (WAN)

Обхващат широки географски области – страни, континенти... планета (Internet)... Галактика

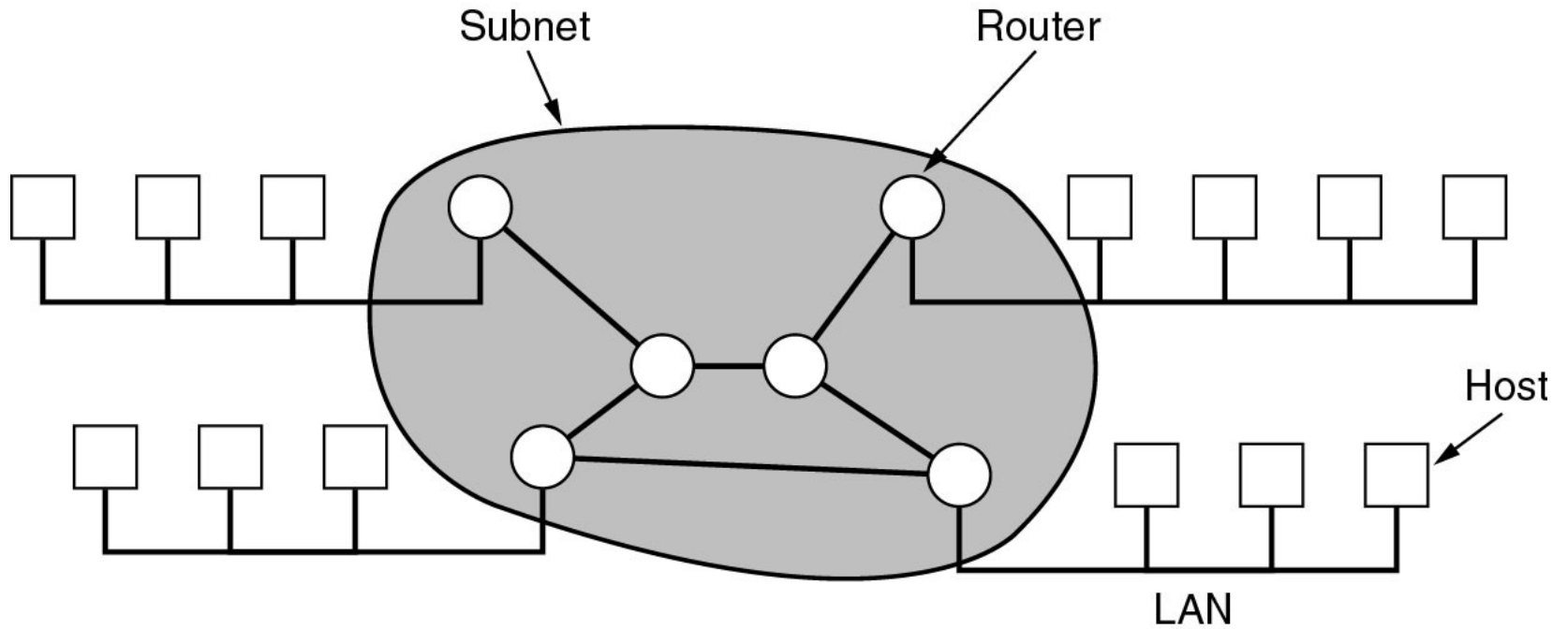
Хостове или LANs се свързват с помощта на комуникационна мрежа – собственост на телеком или I(Network)SP.

Комуникационна мрежа – състои се от предавателни линии (точка-точка), които свързват по 2 комуникационни устройства за маршрутизация и превключване (routers, L2&3 switches).

Линии - медни кабели (Cu), оптически влакна (по-често; Fiber Optics – FO) и безжични – радиорелейни и сателитни - (Wi)reless.

Комуникационни устройства – с два или повече интерфейси към съответни линии. Приема пакет на даден интерфейс, взема решение по коя линия да го препрати и го превключва към изходящ интерфейс (линия). Т.е...

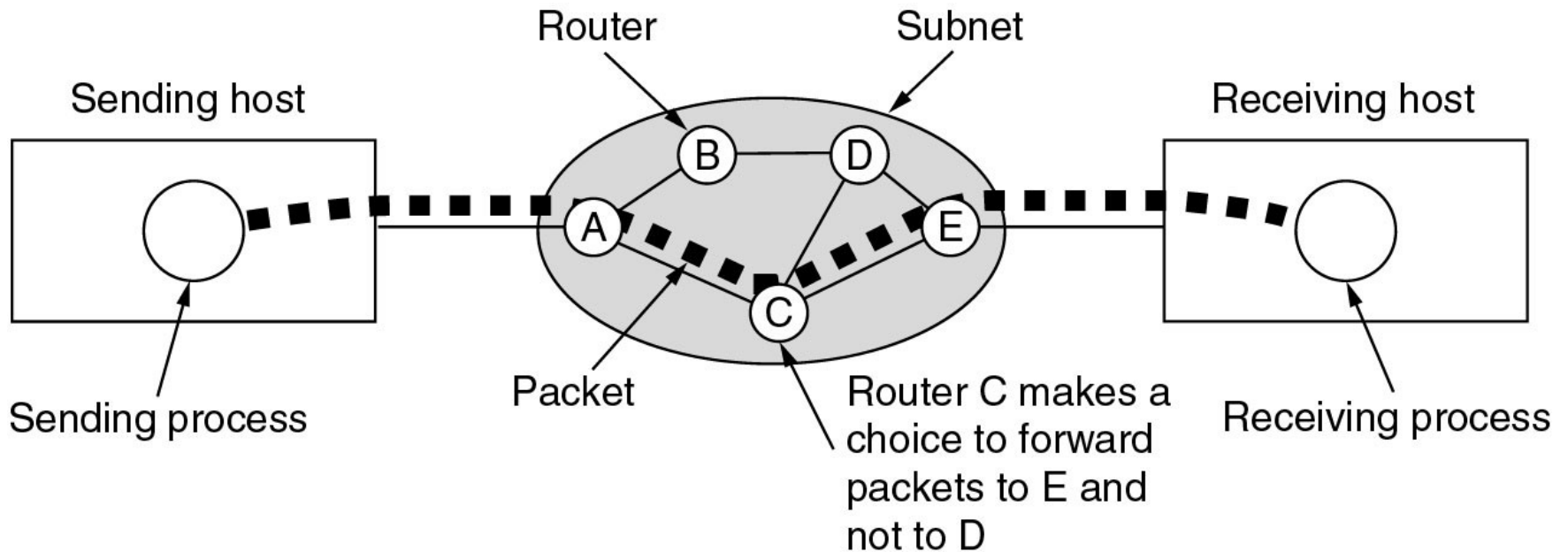
# WAN



WAN свързва хостове и LANs.



# WAN



Изпращане на последователност от пакети от подател към получател. Не е задължително всички да минат по пътя ACE. Маршрутизаторите вземат решения.

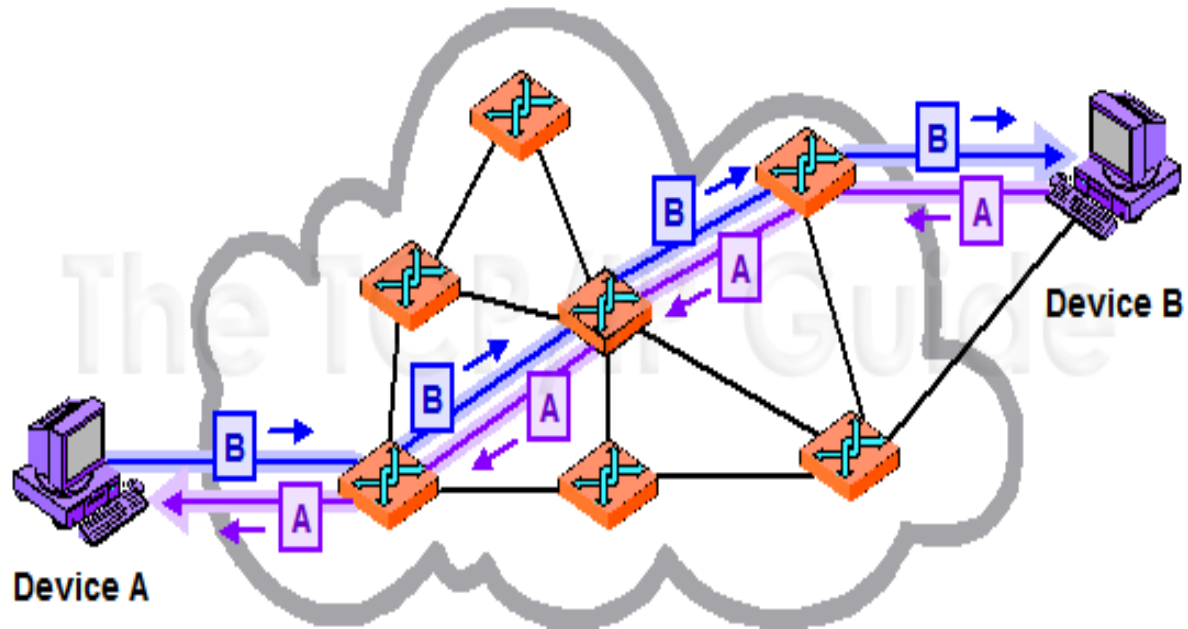
# Предаване на съобщения в компютърните мрежи

Междупотребителите в мрежата информацията се обменя на части –  
съобщения.

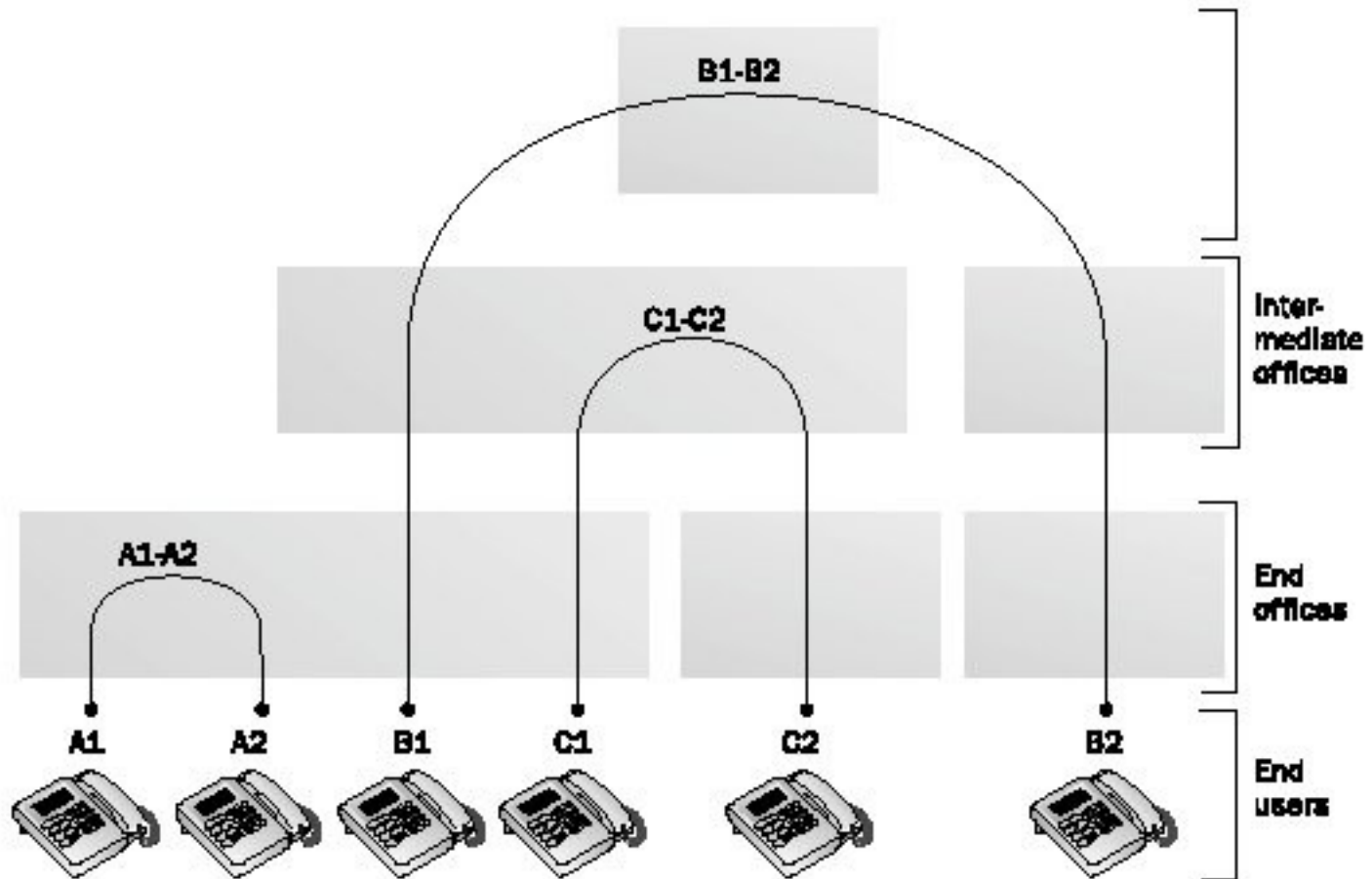
В зависимост от начина на предаване на съобщенията от подател до  
получател (източник-приемник):

- Комутация на канали;
- Комутация на съобщения;
- Комутация на пакети.

# Комутиция на канали

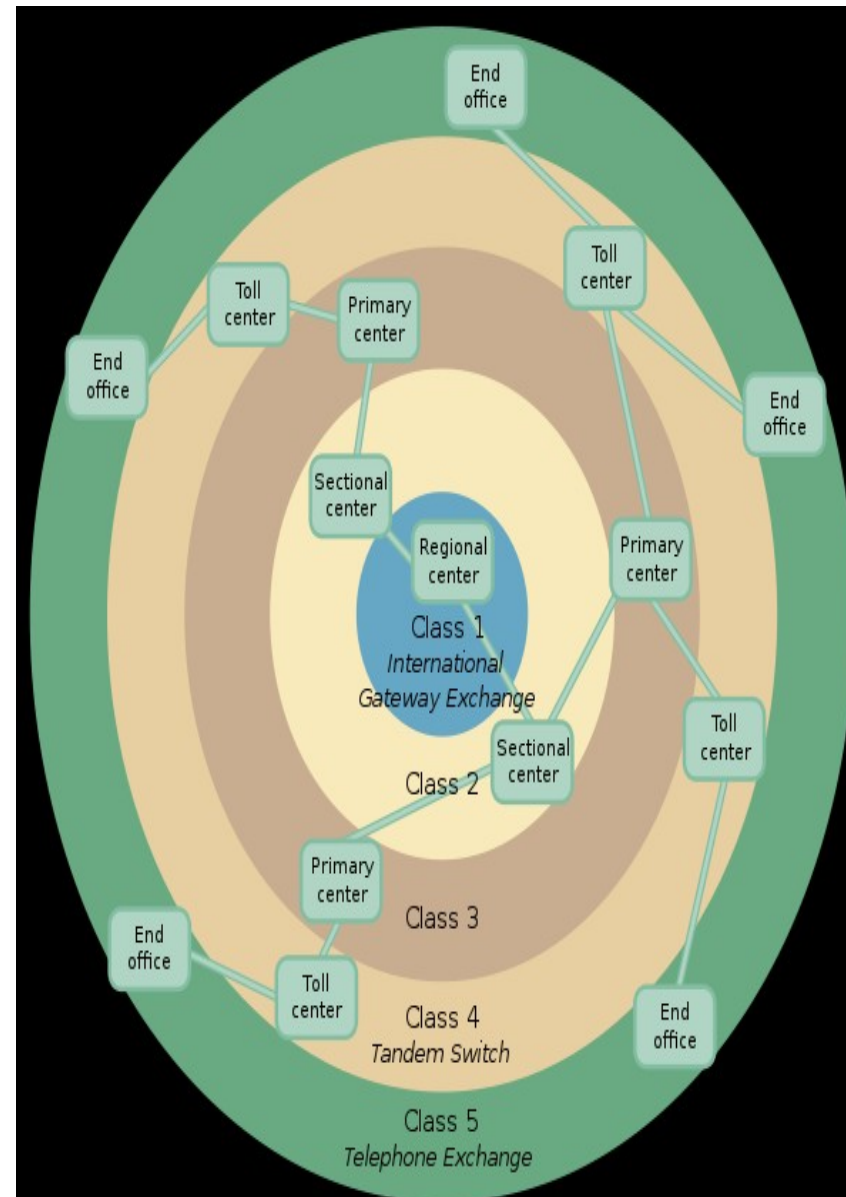


# Комутиция на канали



# Комутация на канали

- Установява се физически канал между източник и приемник, по който се предава едно съобщение.
- След предаване на съобщението източникът освобождава канала.
- Подобен принцип в телефонните мрежи. След набиране на номера се нащракват релета (електромеханични или електронни) в централите по пътя до набираната страна. Така се изгражда канал между говорещите, който стои до разпадане на връзката – поставяне на слушалката върху вилката.



# Комутация на съобщения

Всяко съобщение за предаване се изпраща в комуникационната мрежа, която определя маршрута му до местоназначението (destination). Изисква повече буферна памет в маршрутизаторите, които да съхраняват дългите съобщения, докато се освободи изходяща линия. Неефективно, затова...

# Комутация на пакети

Мрежа с комутация на пакети (**packet-switched**). Съобщение при подателя се разделя на сегменти с поредни номера (от 1500 байта до 8000+ при бързите мрежи >1 Gbps).

Последните се опаковат като пакети и “пътуват” самостоятелно до получателя, където става възстановяване на оригиналното съобщение (реасемблиране).

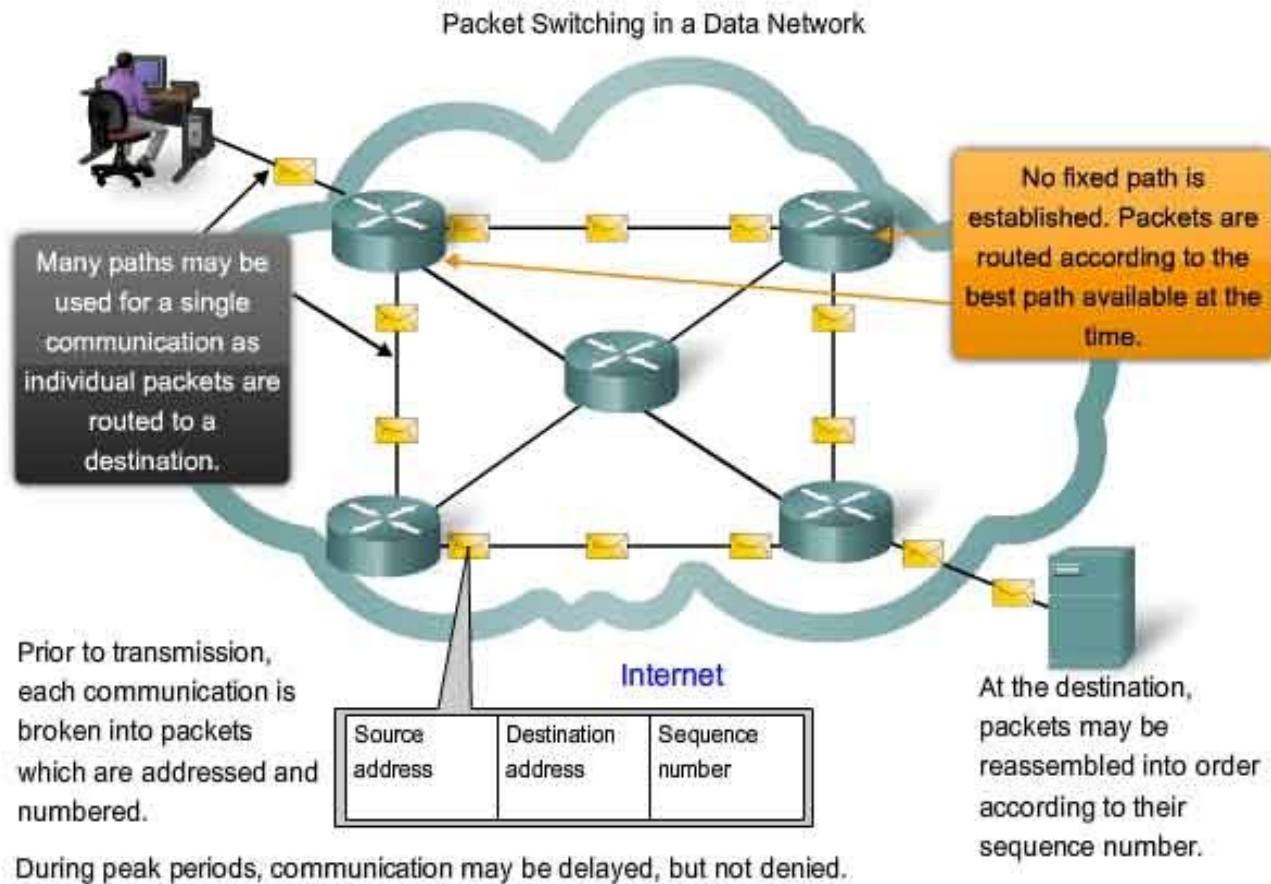
Обменът между възлите е по-бърз, по-добро уплътняване на каналите

Всеки пакет с адрес на местоназначението и вътре в частта за данни има номер на сегмента от съобщението. Така се възстановява оригиналното съобщение.

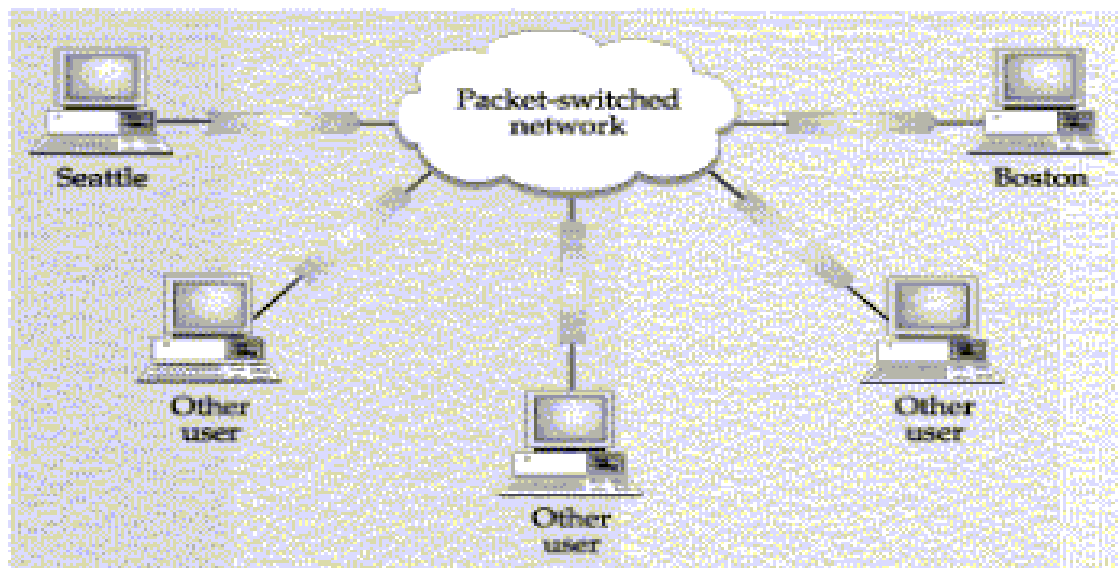
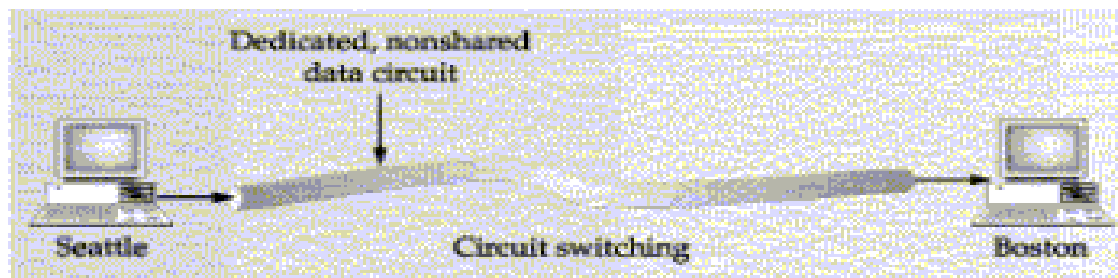
# Комутиация на пакети (пример)



# Комутация на пакети (пример)



# Комутиция на пакети vs. канали



# Комутация на пакети vs. канали

