Data Communication Networks
Introduction

M. Hasheminejad

مقدمه

- اصول شبکه های دیتا
- مؤلفه های شبکه و چگونگی اتصال آنها به یکدیگر
- لایه های عملکردی اعمال شده در یک شبکه کنکاش شده، اصول طراحی بحث خواهند شد
- این درس برای کارشناسی ارشد طراحی شده و شامل کاربردهای عملی و پروژه های کوچک می شود

منابع

- Required Textbook
  - Andrew Tanenbaum. Computer Networks, Fourth Edition, Prentice Hall (ISBN 0-13-349945-6).
- Additional textbooks and References
  - W. Stallings. Data and Computer Communications. Prentice Hall.
  - J. Walrand. Communication Networks: First Course. Aksen Associates.
  - D. Comer. Internetworking with TCP/IP, Volume I, Prentice Hall.
  - W. Stevens. TCP/IP Illustrated: The Protocols, Vol 1. Addison-Wesley.
  - D. Comer. Computer Networks and Internets. Prentice Hall.
  - L. Peterson and B. Davie. Computer Networks: A Systems Approach. Morgan Kaufman.

رئوس مطالب

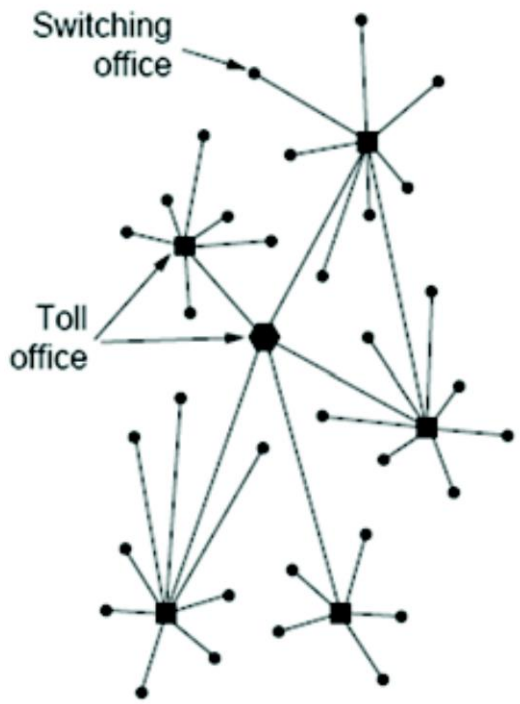
- Introduction (مفاهیم اساسی شبکه)
- The physical layer
- Data link layer (پیوند داده)
- Multiple access protocols
- The network layer
- The transport layer (انتقال)
- The application layer (کاربرد)

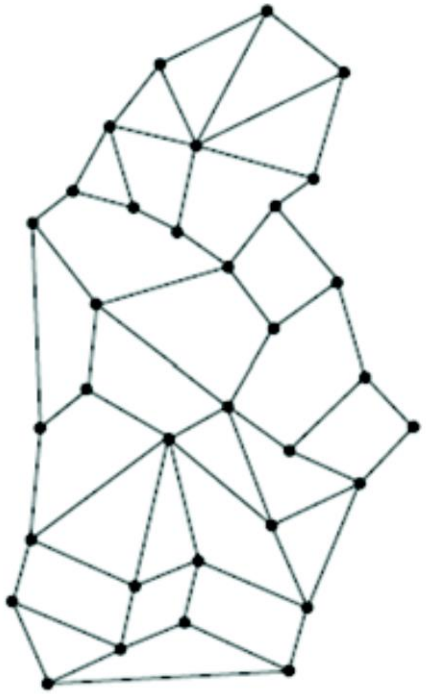
انتظارات از دانشجو

- مطالب درسی:
  - پیروی و دنبال کردن مباحث ارائه شده
  - مطالعه کتاب
  - استفاده از ابزار شبیه سازی
  - تهیه گزارش از شبیه سازی ها و تکلیفهای تعیین شده
- نحوه نمره دهی
  - شبیه سازی و تکالیف ۳۰٪
  - میانترم ۳۰ ٪
  - پایان ترم ۴۰٪

تاریخچه شبکه های دیتا

- 1961-1964 Idea of store and forward distributed communication in packet networks by L. Kleinrock, D. Watts and P. Baran
  - More suitable for computer communication
  - More resilient to node failure
- Creation of ARPANET in late 1960’s
  - To build a network that withstands destruction of some of its nodes
  - First Network started operation in 1969

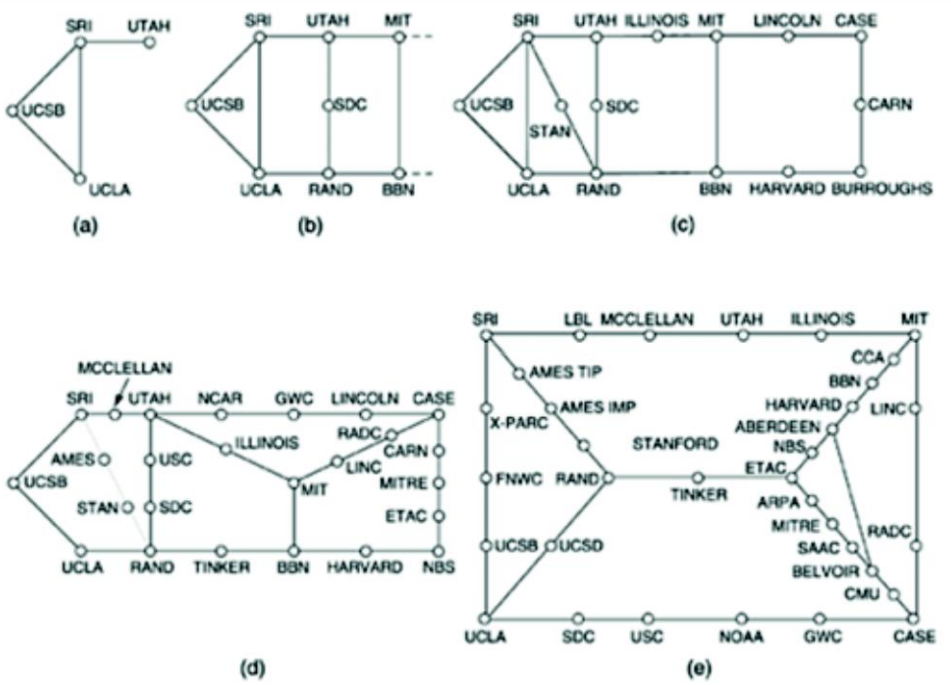




نمونه هایی از شبکه ها

- Development of TCP/IP in 1970’s (V. Cerf) and its full deployment over ARPANET in 1981-83
  - Rapid expansion of ARPANET in 1970-1980’s to include most key universities in USA and Europe
  - NSFNET : U.S. National Science Foundation Network for Academia
  - First TCP/IP WAN early 1980s.
  - Three generations of networks were developed in a ten year time frame
  - Key factor in rapid development of US in ICT sector

Exam



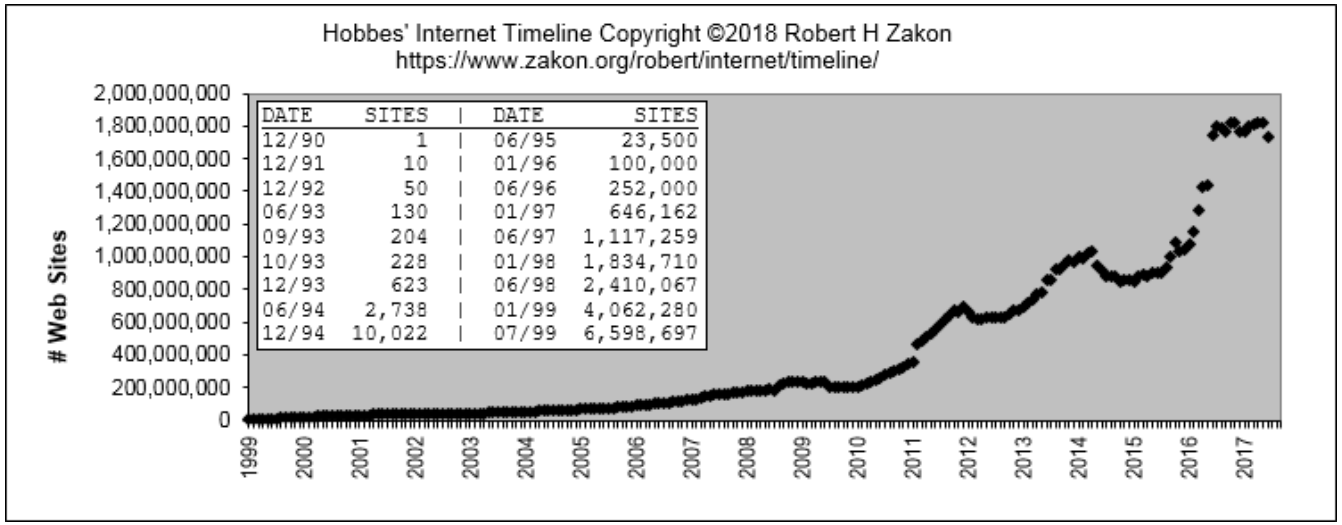
نمونه هایی از شبکه ها

- Internet: Connection of ARPANET and NSFNET in 1983.
  - Millions of hosts, many more users
  - Size doubling every year
- Early important applications of internet: E-mail, FTP, Telnet, News
- Application that changed internet: Web Browsing (World Wide Web) developed in 1990 in CERN
- New Applications
  - Chat
  - VoIP
  - Multimedia streaming
  - E-commerce
  - Peer to Peer file sharing
  - Many more …

توسعه اینترنت

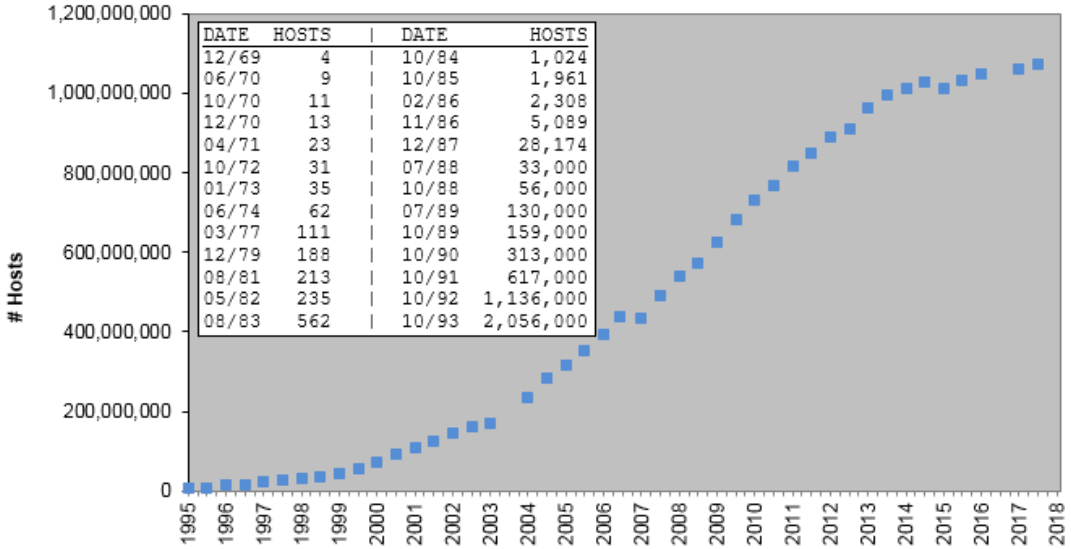
Hobbes' Internet Timeline Copyright ©2018 Robert H Zakon
https://www.zakon.org/robert/internet/timeline/

DATE	SITES	DATE	SITES
12/90	1	06/95	23,500
12/91	10	01/96	100,000
12/92	50	06/96	252,000
06/93	130	01/97	646,162
09/93	204	06/97	1,117,259
10/93	228	01/98	1,834,710
12/93	623	06/98	2,410,067
06/94	2,738	01/99	4,062,280
12/94	10,022	07/99	6,598,697

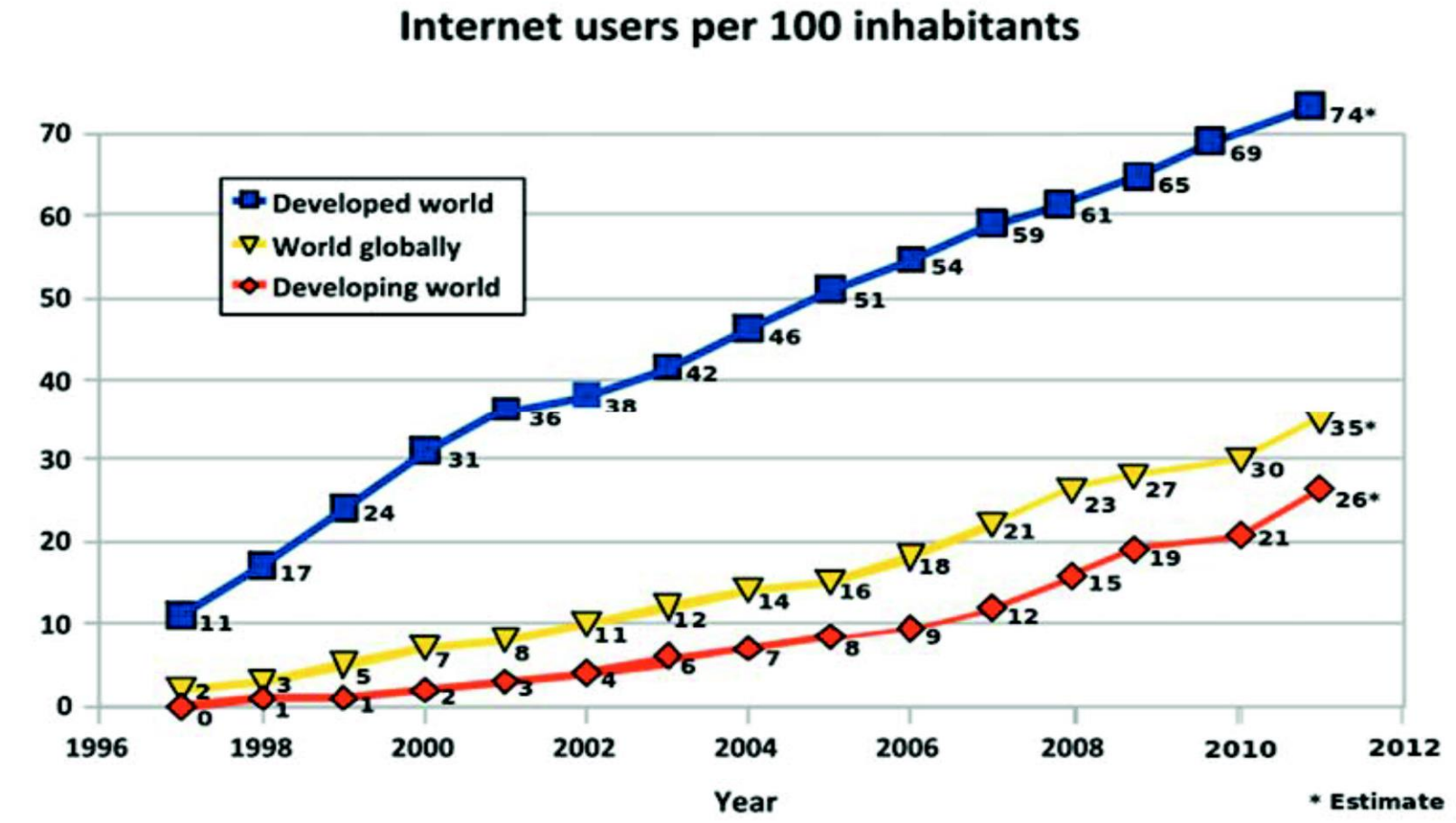


Hobbes' Internet Timeline Copyright ©2018 Robert H Zakon
https://www.zakon.org/robert/internet/timeline/

DATE	HOSTS	DATE	HOSTS
12/69	4	10/84	1,024
06/70	9	10/85	1,961
10/70	11	02/86	2,308
12/70	13	11/86	5,089
04/71	23	12/87	28,174
10/72	31	07/88	33,000
01/73	35	10/88	56,000
06/74	62	07/89	130,000
03/77	111	10/89	159,000
12/79	188	10/90	313,000
08/81	213	10/91	617,000
05/82	235	10/92	1,136,000
08/83	562	10/93	2,056,000



استفاده کلی از اینترنت



سیستم های هشدار اولیه: نجات جان از طریق اتصال تلفن همراه

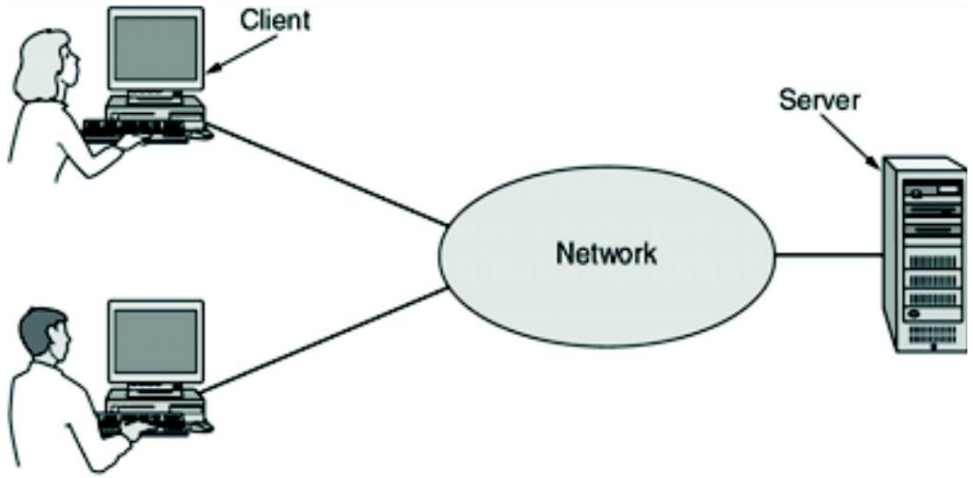
Figure 1. Graphical presentation of a Multi-Hazard Early Warning System (MHEWS)

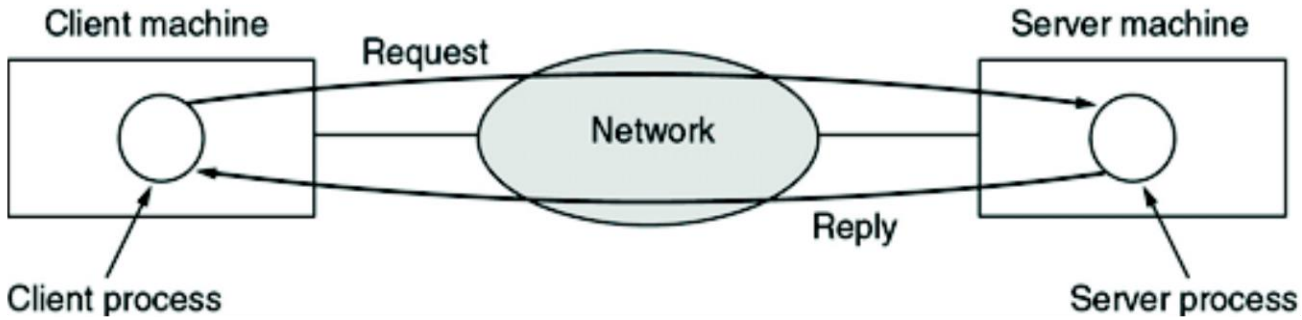
از هر چهار نفر در دنیا سه نفر موبایل دارد.
امکان محافظت از جان افراد را با استفاده شبکه‌های موبایل می‌دهد.
در اروپا اطلاع رسانی بلایای طبیعی به صورت قانون در آمده است.
امکان مشارکت همه افراد در ایجاد اخطارهای عمومی و خصوصی

Source: International Telecommunications Union

شبکه های کامپیوتری

قدیم: یک سیستم قدرتمند تعدادی ترمینال برای ارتباط کاربران





هم اکنون: تعدادی کامپیوتر خودمختار که برای انجام کار به یکدیگر متصل شده‌اند.

کاربردهای شبکه های کامپیوتری

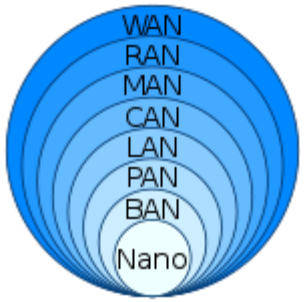
- **کاربردهای تجاری:**
  - به اشتراک گذاری منابع (برنامه ها، تجهیزات، اطلاعات)
  - رسانه ارتباطی (ایمیل، ویدئو کنفرانس)
  - تجارت الکترونیک (کسب و کار به تجارت، تجارت به مشتری)
- **برنامه های کاربردی خانگی**
  - دسترسی به اطلاعات از راه دور
  - ارتباط شخص به فرد (ایمیل، چت، همتا به همتا...)
  - سرگرمی های تعاملی
  - تجارت الکترونیک
- **برنامه های موبایل:**
  - دفتر قابل حمل (دسترسی به اینترنت، ایمیل، اطلاعات و غیره)
  - دسترسی به اطلاعات در حال حرکت
  - ناوبری و نقشه ها

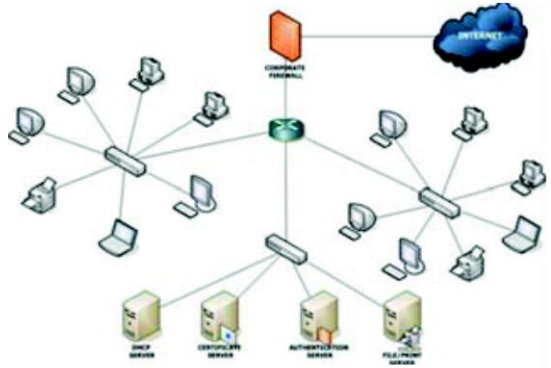
سخت افزارهای شبکه

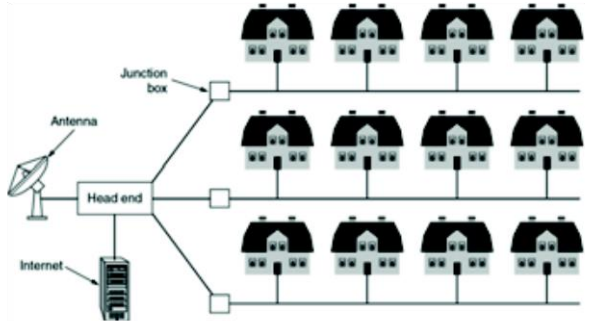
- **پخش**
  - کانال تک به اشتراک گذاشته شده توسط همه طرفین
  - همه گیرندگان به تک تک پیام ها گوش می دهند و از پیامی که برای آنها در نظر گرفته شده است استفاده می کنند
  - برای شبکه های کوچکتر استفاده می شود
- **چندپخشی**
  - داده های ارسال شده توسط یک منبع، دریافت شده توسط برخی از کاربران
  - کاربرد در ویدئو کنفرانس، همکاری، پخش زنده ویدئو
- **نقطه به نقطه**
  - ارتباطات بین دو طرف
  - ریشه های متعدد بین منبع و مقصد
  - برای شبکه های بزرگتر استفاده می شود

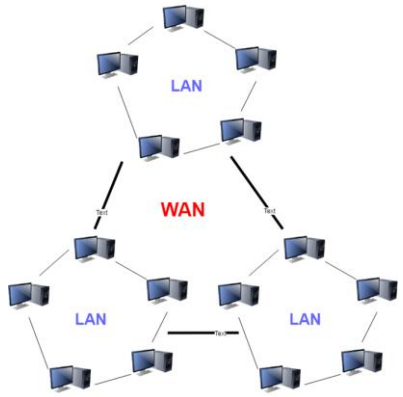
سخت افزار شبکه

- LAN (Local Area Network)
  - Network usually within a building
  - Restricted Size, delay
  - Rate: 10Mbps to 10Gbps
  - Topology: Bus, Ring or point to point
  - Channel allocation: Static or dynamic
  - Examples: Ethernet (IEEE 802.3),
- MAN (Metropolitan Area Network)
  - A network within a city
  - Examples: Cable TV network
- WAN (Wide Area Network)
  - A network with large area
  - Example: Backbone optical
  - transmission network of a country

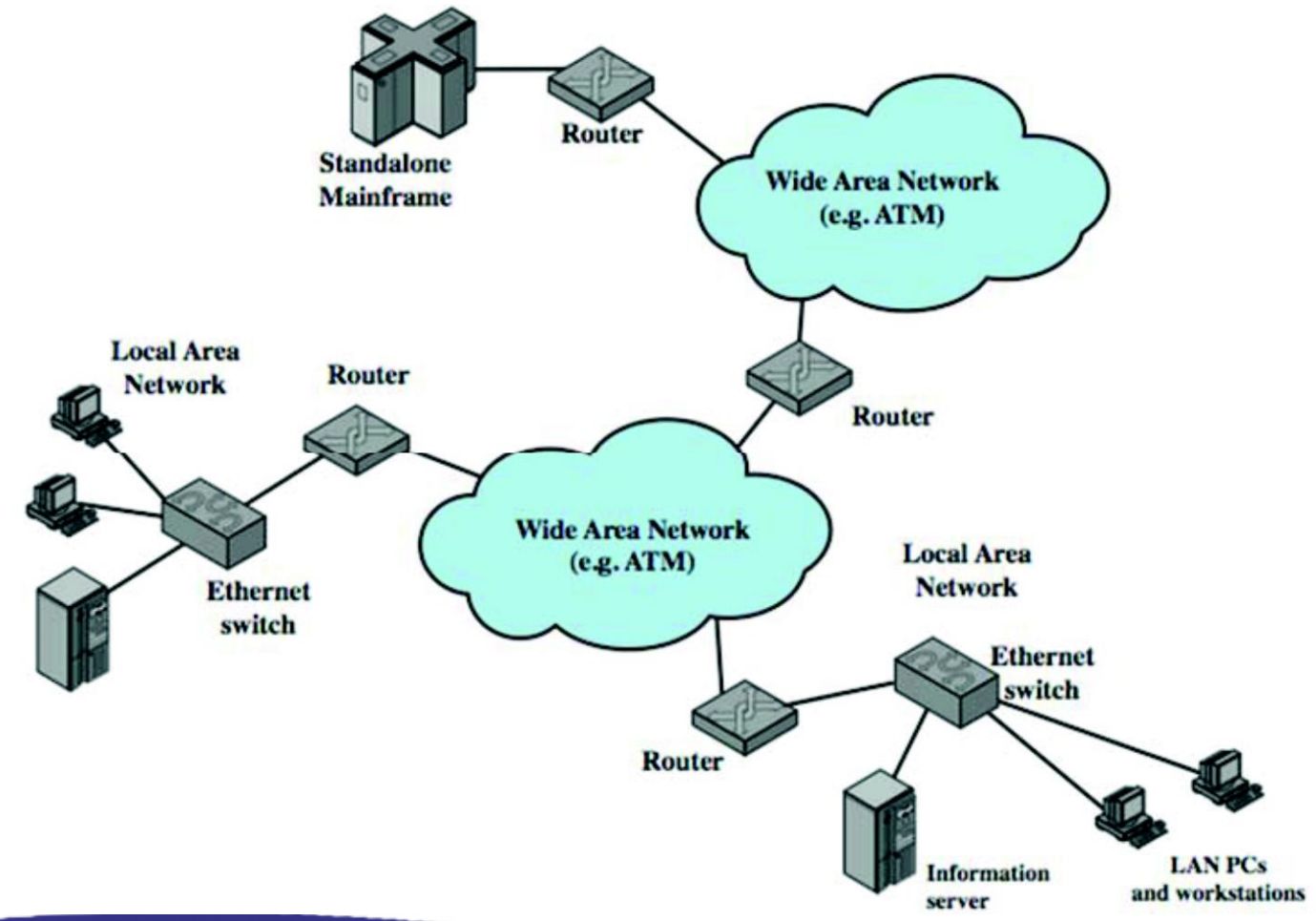








اجزاء شبکه


Standalone
Mainframe
Router
Wide Area Network
(e.g. ATM)
Router
Local Area
Network
Router
Ethernet
switch
Wide Area Network
(e.g. ATM)
Local Area
Network
Ethernet
switch
Router
Information
server
LAN PCs
and workstations

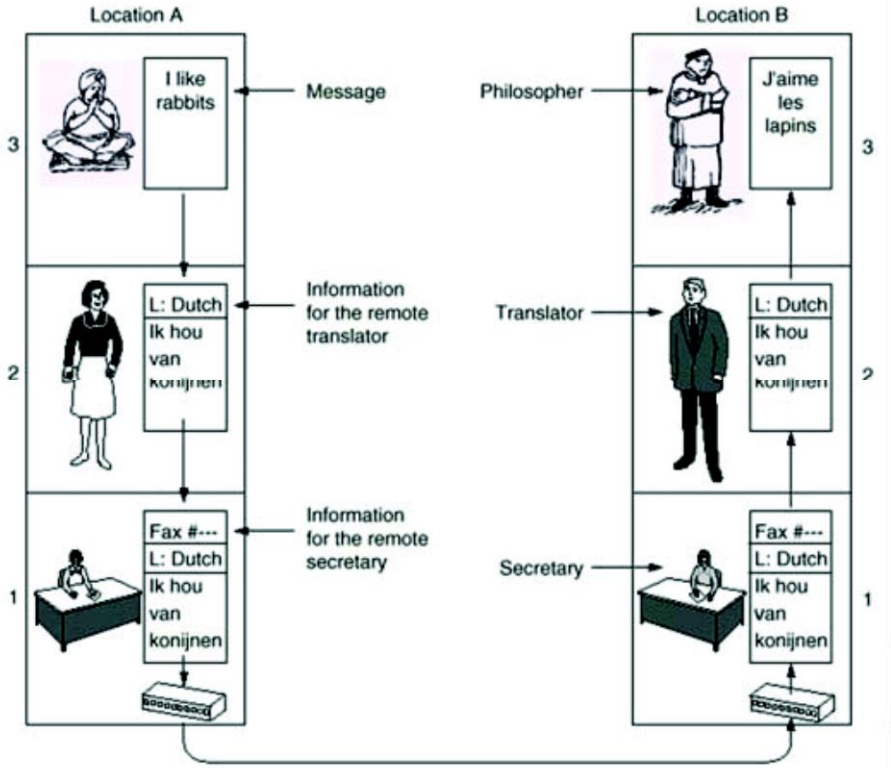
سخت افزار شبکه (بر اساس تکنولوژی)

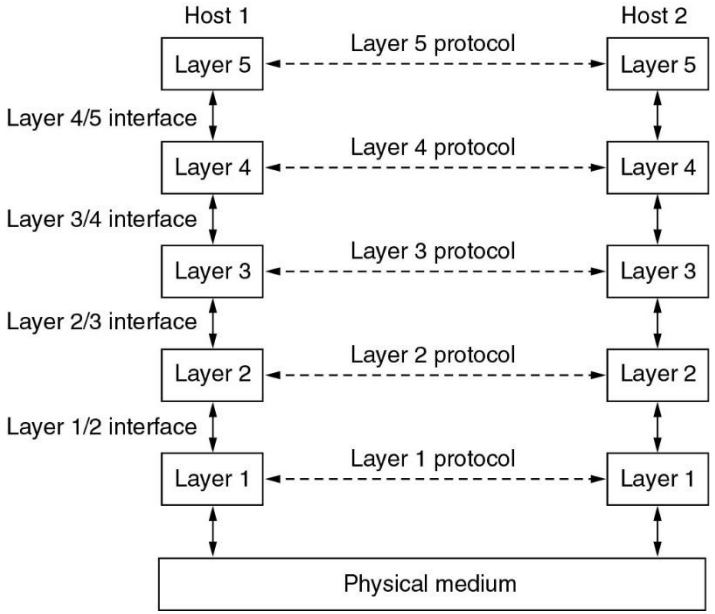
- Wireless Networks
- Mobile Networks
- Satellite Networks
- Wireline Networks شبکه سیمی
- PSTN Networks تلفن ثابت

- Microwave Radio Networks
- Optical Networks فیبر نوری
- Access Networks وای فای و …
- Home Networks
- P2P Networks
- Many more…

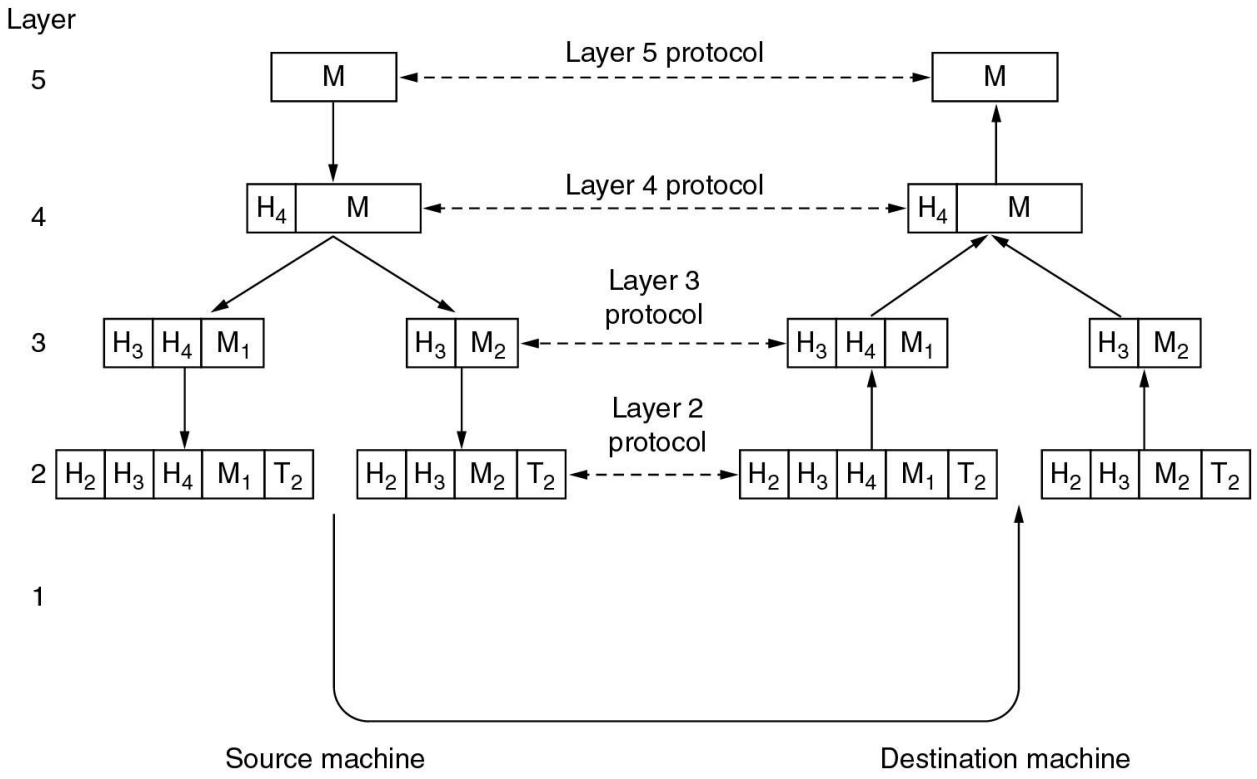
اصول عملکرد شبکه

- عملکرد اغلب شبکه ها به صورت تعدادی لایه طراحی شده است.
- هر لایه به صورت یک بخش مستقل پیاده سازی شده است.
- زوجهای همسان: دو بخش ارتباطی (درون یک لایه)





نرم افزار شبکه



- **معماری شبکه:**
  - مجموعه ای از لایه ها و پروتکل ها
- **پروتکل:**
  - توافقی در مورد قوانین و رویه‌ها بین دو طرف در ارتباط در مورد چگونگی ادامه ارتباطات. (زبان مشترک دو لایه متناظر هم در دو طرف)
- **پشته پروتکل:**
  - لیست پروتکل ها، یکی در هر لایه
- **رابط:**
  - عملیات و خدمات اولیه ارائه شده توسط لایه های پایین تر به لایه های بالاتر (ارتباط یک لایه با لایه بالاتر یا پایینتر)
- **داشتن لایه ⬅ زیاد**
  - اجرای ساده تر، قابل مدیریت تر و انعطاف پذیرتر معماری شبکه

نمونه هایی از مسائل طراحی شبکه

- Addressing: specifying source and destination چگونگی آدرس دهی مناسب
- Data transfer rules قوانین تبادل اطلاعات
  - simplex / half-duplex / duplex
  - logical channels per connection(تعداد ارتباطها در یک کانال فیزیکی)
  - priorities, e.g. one normal and one urgent channel (اولویت یک سرویس به دیگری در یک کانال مشترک)
- Error control کنترل خطا
  - detection / correction / retransmission

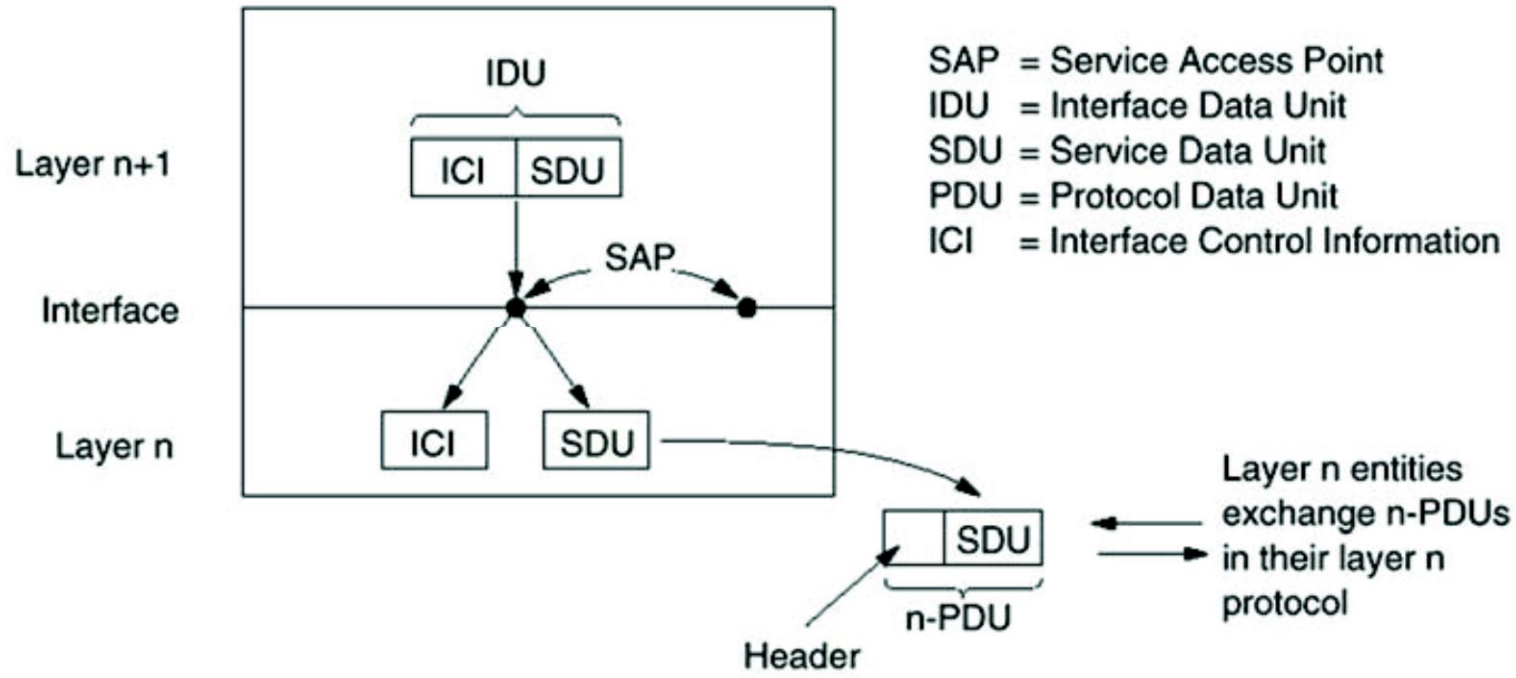
- ترتیب بسته ها و توالی

آیا ترتیب داده ها تا مقصد حفظ می شود؟ اگر نشد چکار کنیم

- کنترل جریان
  - تنظیم ترافیک، جلوگیری از سرریز (سیستم سرعت ارسال همه را ندارد)
  - طول پیام: نمی‌تواند دلخواه باشد
  - لزوم کنار هم گذاشتن مجدد داده‌ها (تقسیم شدن اتفاقی بسته دیتا)
  - مالتیپلکسینگ (چسباندن بسته های مختلف در یک بسته)
- Routing مسیریابی
  - multiple paths (بهترین مسیر برای ارتباط کدام است؟)
- …

رابط ها و سرویس ها

- رابطه بین لایه ها در یک رابط



محل اتصال دو لایه SAP است

کل بسته اطلاعات که لایه بالایی در اختیار لایه پایینتر قرار می دهد IDU نام دارد.

مصرف کننده ICI خود لایه پایینی است

قابلیت اطمینان و گروه بندی سرویس ها

- قابلیت اطمینان خدمات
  - قابل اطمینان: هیچگاه داده‌ها را از دست نمی‌دهد.
    - تصدیق / ارسال مجدد
  - غیر قابل اطمینان: داده‌ها ممکن است از دست بروند
    - بدون تصدیق
    - سرویس دیتاگرام= سرویس بدون اتصال غیر قابل اعتماد

- دسته بندی خدمات:
  - اتصال گرا
    - مکالمه تلفنی
    - Telnet / remote login / FTP
  - غیر اتصال گرا
    - سیستم پستی
    - پست الکترونیکی

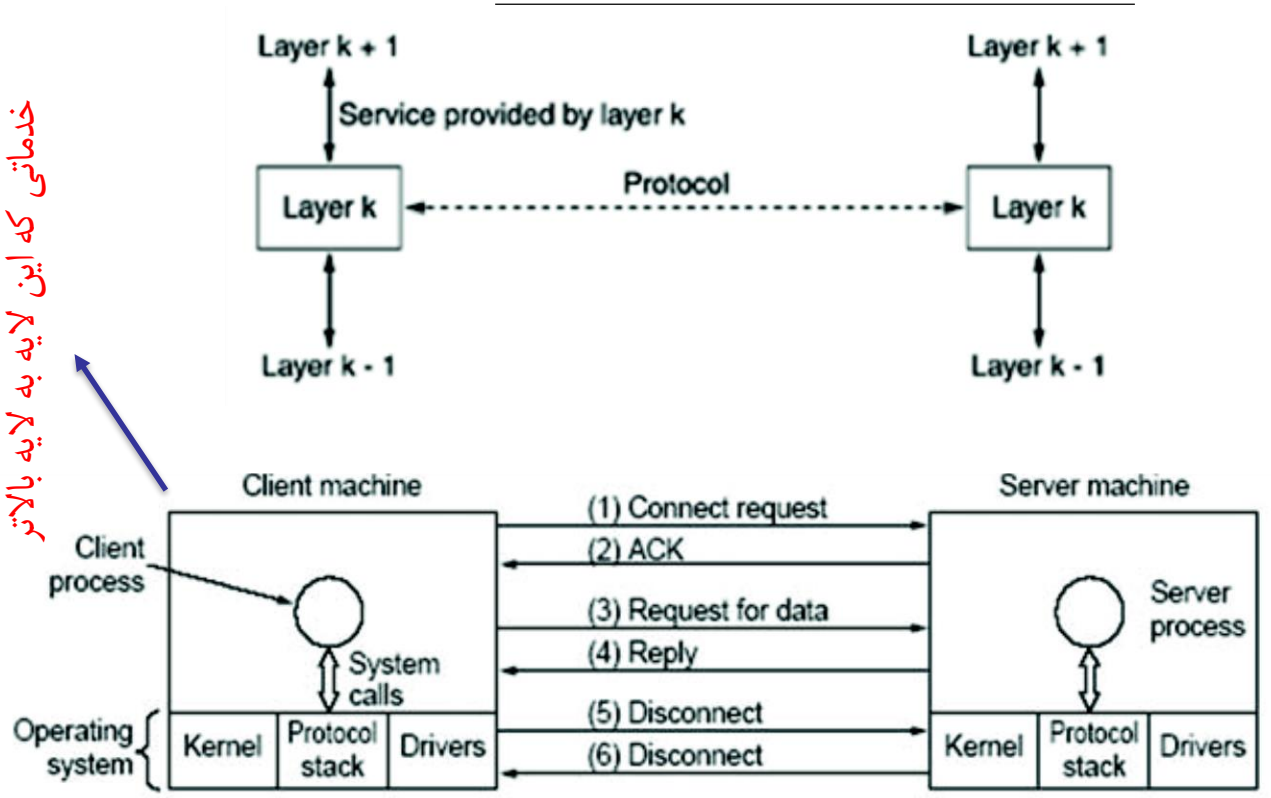
	سرویس	مثال
اتصال گرا	Reliable message stream	Sequence of pages
	Reliable byte stream	Remote login
	Unreliable connection	Digitized voice
غیر اتصال گرا	Unreliable datagram	Electronic junk mail
	Acknowledged datagram	Registered mail
	Request-reply	Database query

سرویس در مقابل پروتکل

- Service = مجموعه ای از خدمات اولیه (عملیات) که یک لایه در اختیار لایه فوق قرار می دهد
- پروتکل = مجموعه قوانین اجرای یک سرویس. پروتکل مربوط به قالب، معنای فریم ها / بسته ها / پیام ها است
- یک پروتکل ممکن است بدون تغییر سرویس تغییر کند

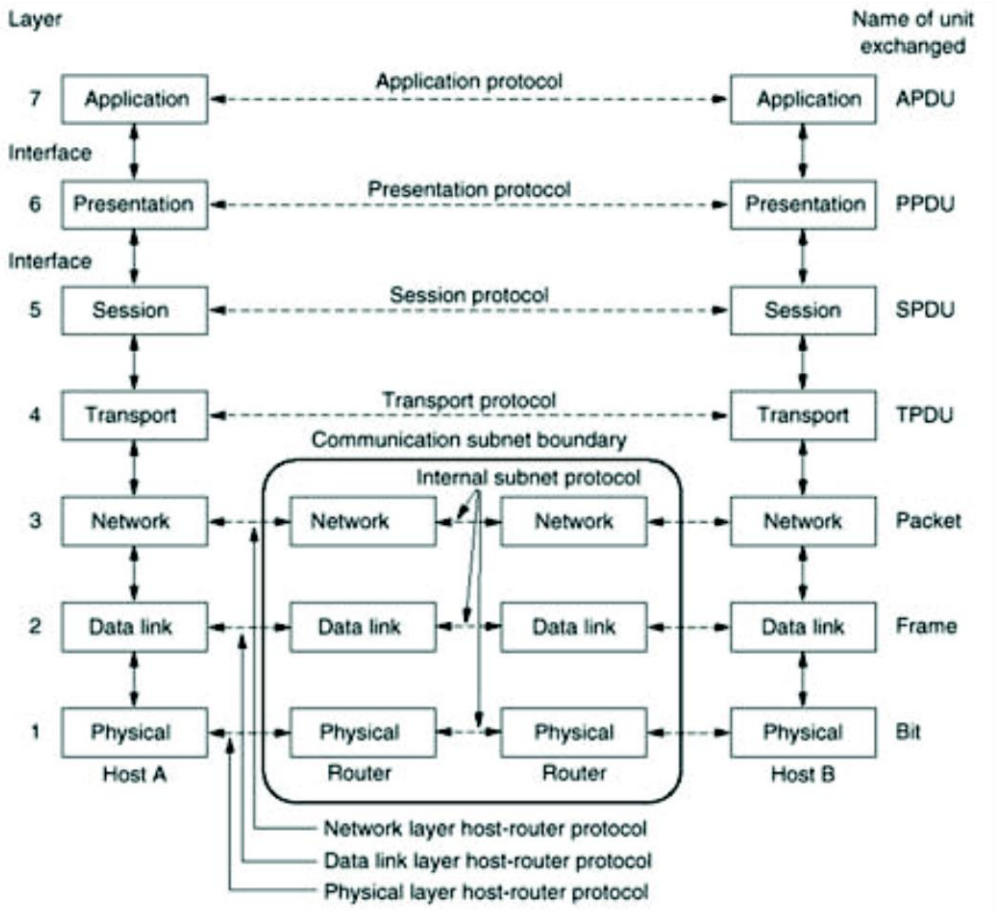
- Service primitives
  - 1. CONNECT. request (درخواست ارتباط)
  - 2. CONNECT. Indication (اعلام فرستادن درخواست ارتباط)
  - 3. CONNECT. Response (اعلام رسیدن پاسخ به درخواست ارتباط)
  - 4. CONNECT. Confirm (اعلام برقراری ارتباط)
  - 5. DATA. Request (درخواست داده)
  - 6. DATA. Indication (اعلام رسیدن دیتا)
  - 7. DISCONNECT. Request (تقاضای قطع شدن ارتباط)
  - 8. DISCONNECT. Indication (اعلام قطع شدن ارتباط)
- CONNECT:
  - confirmed service
  - response required
- DISCONNECT:
  - unconfirmed service

خدماتی که این لایه به لایه بالاتر



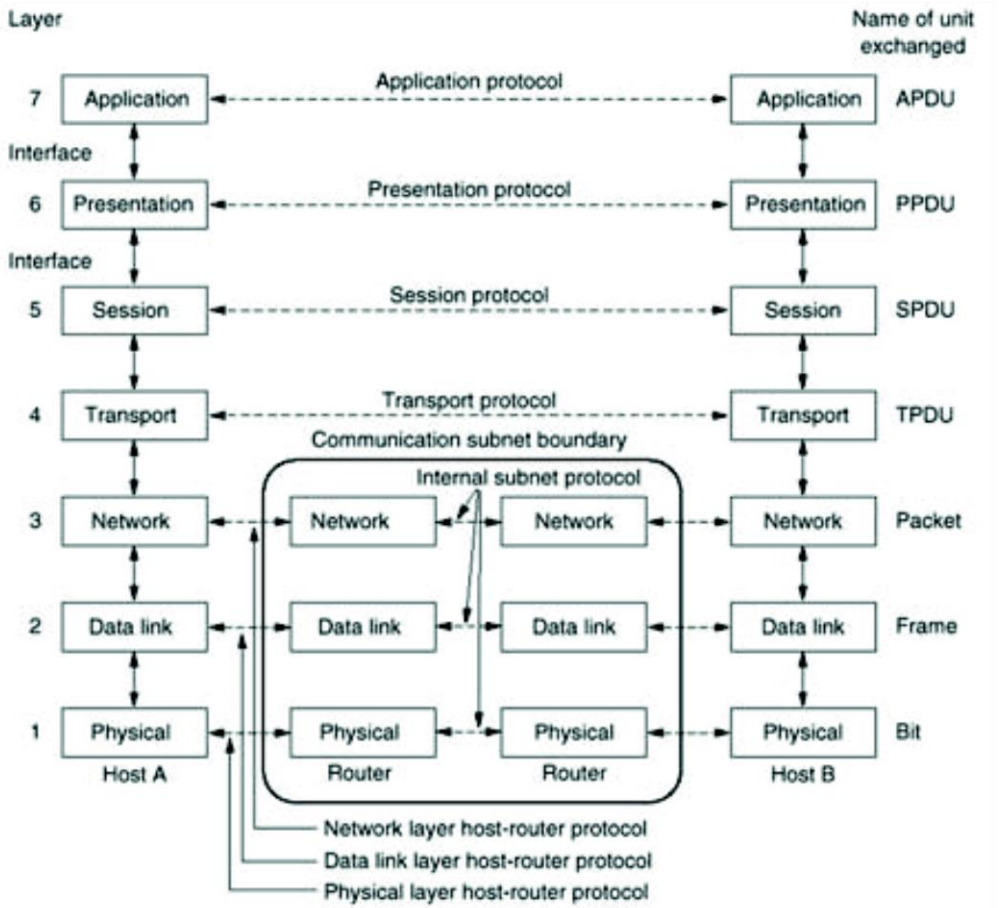
Open System Interconnect (OSI) **مدل مرجع**

- مدل ۷ لایه دارد
  - این یک مدلی است که می گوید هر لایه باید چه کاری را انجام دهد نه اینکه چگونه انجام دهد.
- لایه فیزیکی
  - ارسال بیتهای خام(0/1 encoding)
  - نمود آن به صورت ولتاژ یا نرخ بیت است
  - ویژگی کانال (الکتریکی)



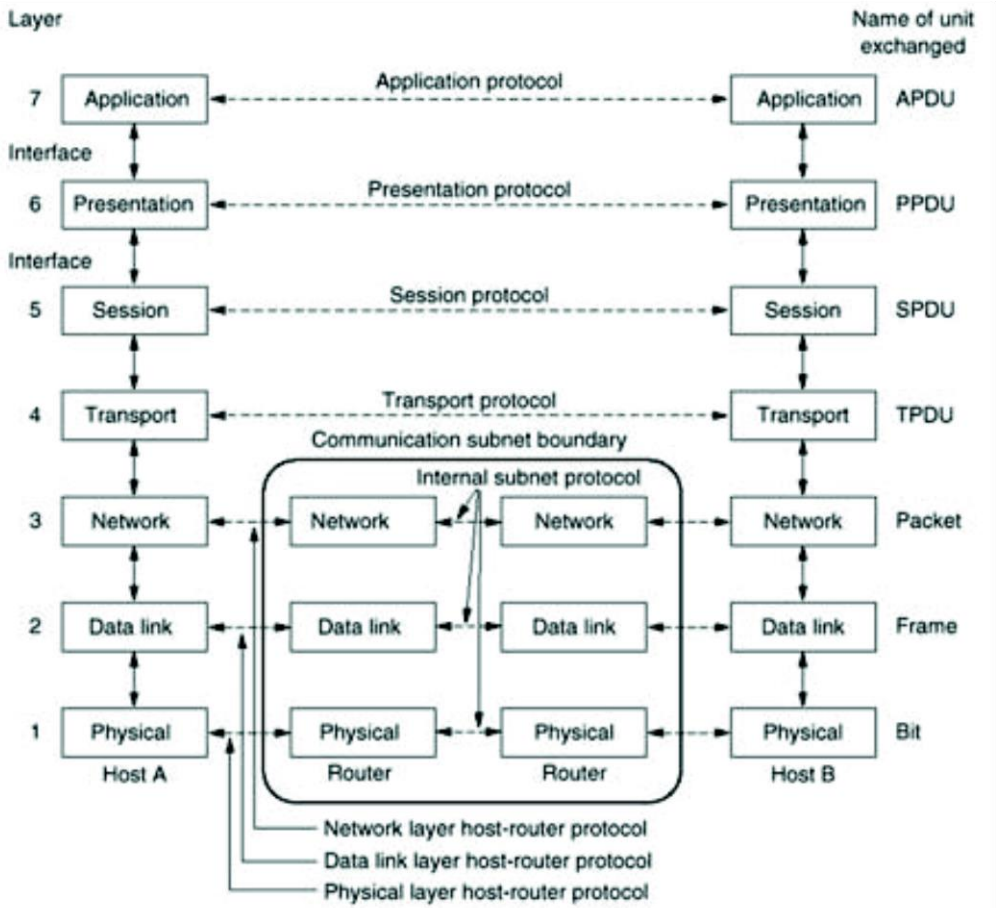
مدل مرجع OSI

- لایه پیوند داده
  - ارسال فریمها (از بیتها)
  - ارسال مطمئن
  - کنترل جریان بیتها
  - در کانالهای پخش گسترده: به اشتراک گذاری کانال (زیرلایه دسترسی به واسط میانجی)
- لایه شبکه
  - ارسال پاکتهای کنترل کننده زیر شبکه
  - مسیریابی: ایستا یا پویا (یافتن بهترین مسیر)
  - کنترل ازدحام
  - اتصال شبکه های غیر همسان



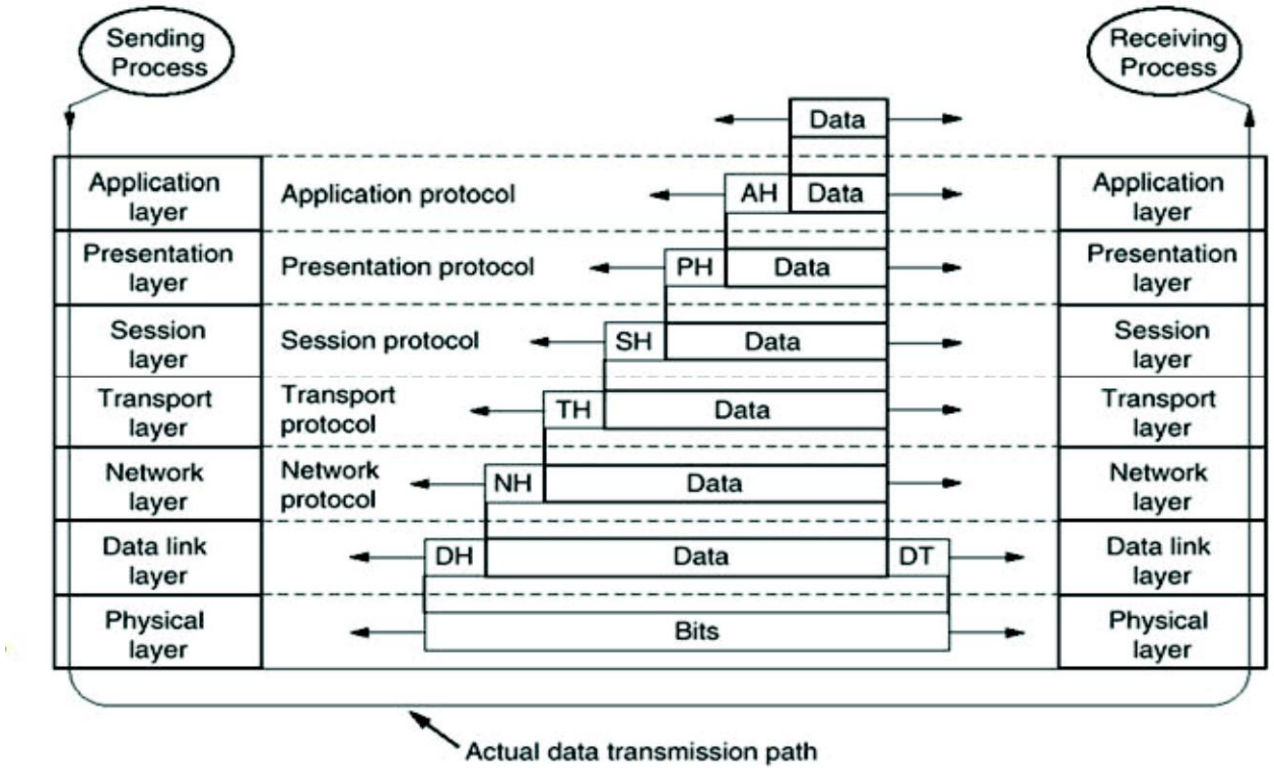
مدل مرجع OSI

- لایه انتقال (Transport)
  - مدیریت ارتباط
  - سرویسهای ارتباطی انتها با انتها، از منبع تا مقصد را برای برنامه‌های کاربردی موجود فراهم می‌کند.
  - تقسیم بندی داده ها به پاکتها
  - توزیع به نوبت داده ها (اگر شبکه آن را تضمین نکند)
  - برقراری و پاک کردن اتصالات در شبکه
  - معمولاً یک اتصال یکتا برای هر انتقال مورد نیاز ایجاد می شود. به هر حال ممکن است از نگاشت یک به چند یا چند به یک استفاده کند.
  - کنترل جریان



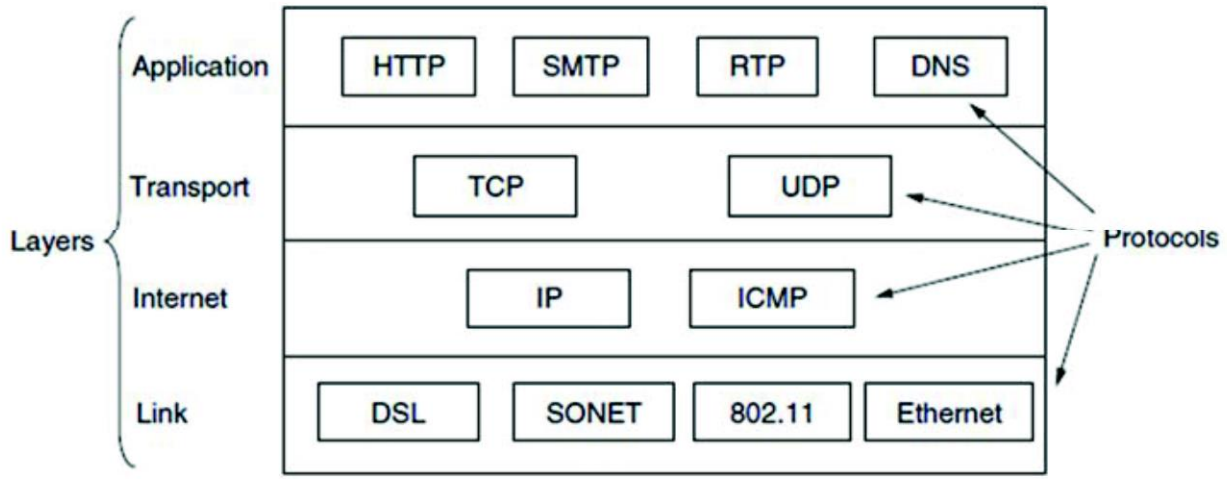
مدل مرجع OSI

- لایه نشست
  - مدیریت نشست: کنترل گفتگو، همزمان سازی پس از تصادم
- لایه نمایش
  - مربوط به ترکیب (syntax) و معنای اطلاعات منتقل شده است
- لایه کاربرد
  - پروتکل های کاربردی که معمولا مورد نیاز هستند: انتقال فایل، ایمیل



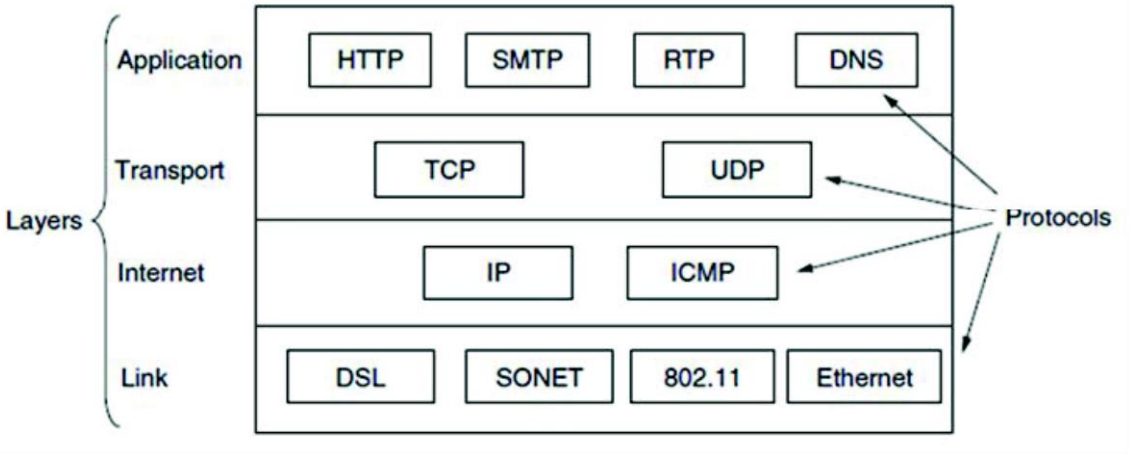
مدل مرجع TCP/IP

- ابداع شده توسط ARPANET
- تعداد زیادی از دانشگاه های آمریکا را به مؤسسات دولتی را با استفاده از خطوط تلفن اجاره ای به هم وصل می کرد.
- لایه اینترنت مهم ترین لایه است
- IP: اینترنت پروتکل
  - غیر اتصال گرا
  - پاکت سویچینگ (ممکن است خارج از نظم توزیع شوند)



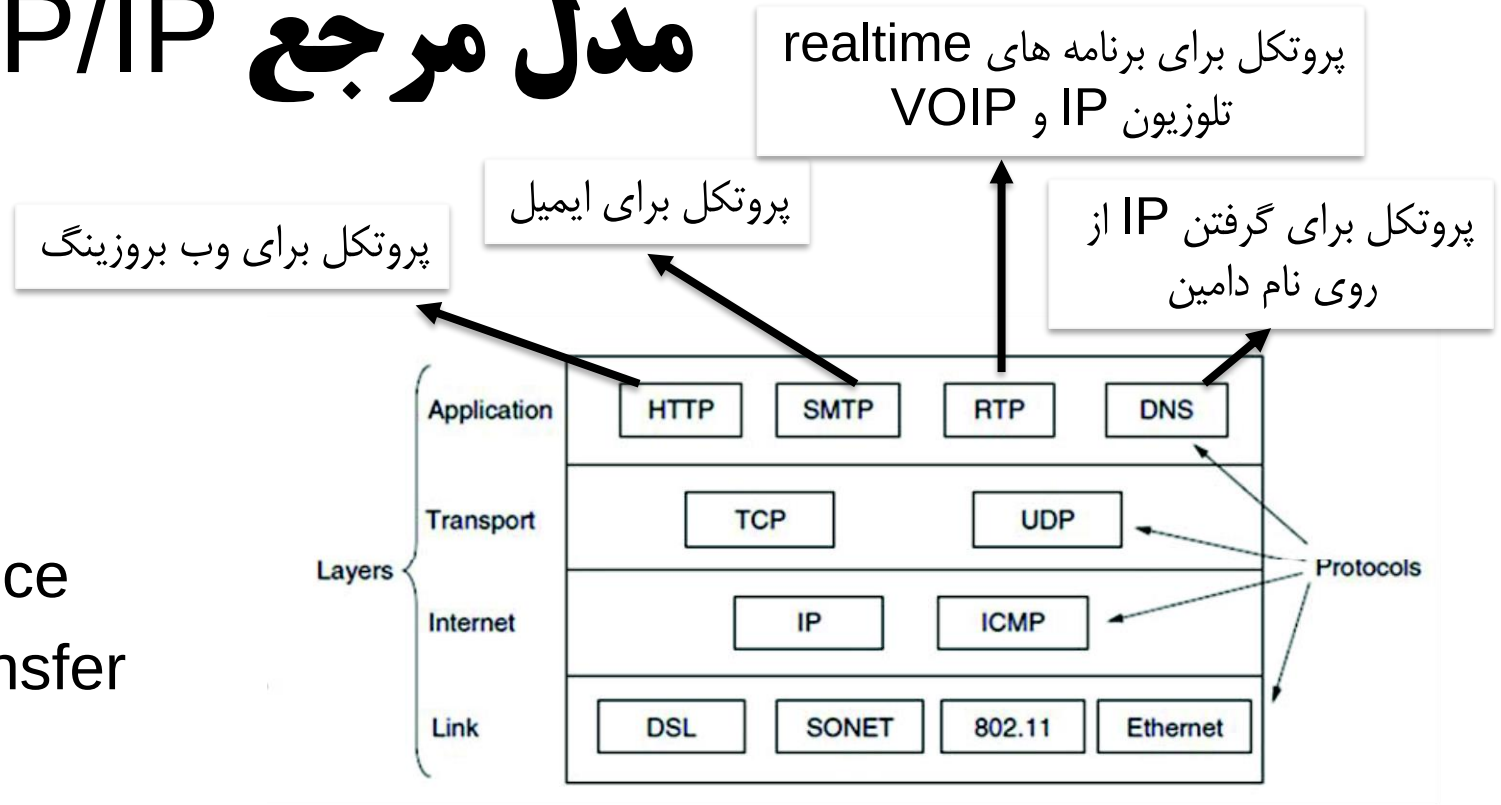
مدل مرجع TCP/IP

- لایه انتقال
  - ارتباط انتها به انتها
  - TCP: پروتکل کنترل ارسال
    - قابل اطمینان
    - اتصال گرا
    - کنترل جریان
    - ترتیب دهی
    - Fragments byte stream into IP messages
  - UDP : user datagram protocol
    - غیر قابل اطمینان
    - غیر اتصال گرا
    - بدون کنترل ترتیب داده‌ها و کنترل جریان داده‌ها
    - معمولا برای ارتباط ‘one shot’ استفاده می‌شود.



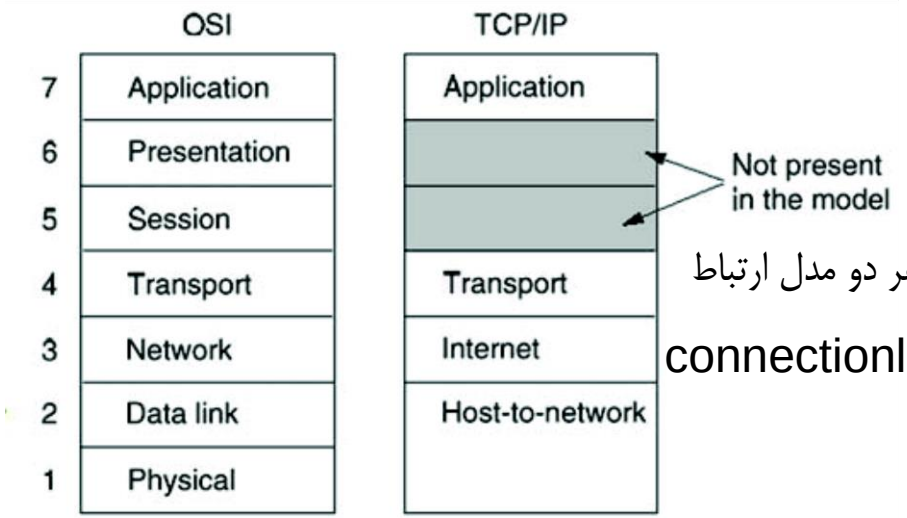
مدل مرجع TCP/IP

- لایه اپلیکیشن
  - TELNET: ترمینال مجازی
  - FTP: پروتکل انتقال داده
  - SMTP: پروتکل ساده انتقال ایمیل
  - DNS: domain name service
  - NNTP: network news transfer protocol
  - HTTP: hypertext transfer protocol
  - SNMP: simple network management protocol



مقایسه TCP/IP و OSI

- OSI:
  - Top-down design methodology (اول مسئله تعریف شده و به بخشهایی تقسیم شده بعد ویژگیهای آن را تعریف کرده اند)
  - مفاهیم به وضوح متمایز می شود
  - Services (در این مدل در ابتدا مفهوم این و دوتای بعدی را به خوبی مشخص کرده)
  - Interfaces مفهوم واسط در این مدل به خوبی مشخص شده
  - Protocols مفهوم پروتکل به خوبی مشخص شده است
  - لایه شبکه از ارتباطات بدون اتصال و اتصال گرا پشتیبانی می کند
  - لایه انتقال فقط از سرویس اتصال گرا پشتیبانی می کند!
- TCP / IP:
  - با تجربیات بدست آمده توسعه یافته است ;یک راهکار از پایین به بالا
  - یک پشته پروتکل عمومی نیست
  - لایه میزبان به شبکه در واقع یک توصیف رابط است



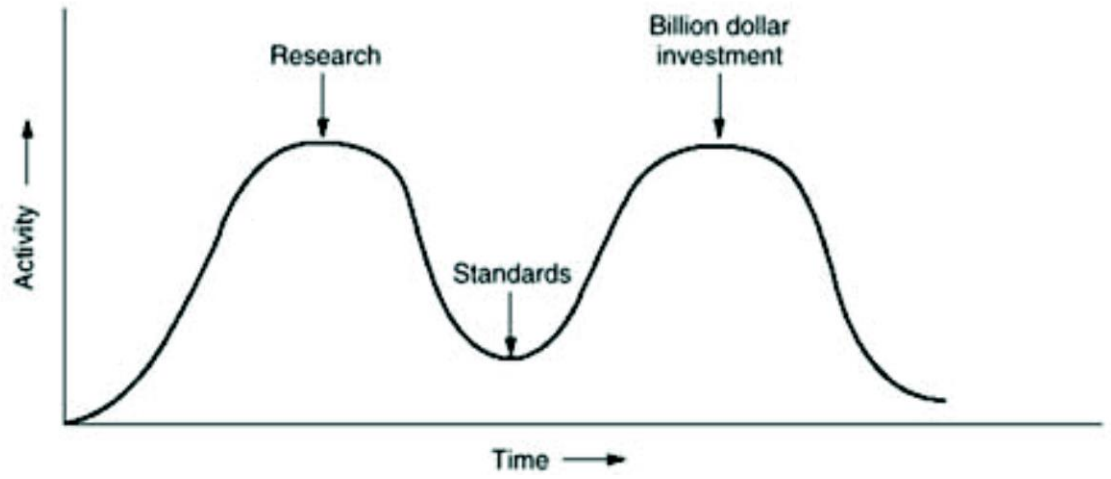
هر دو مدل ارتباط connectionless

پیشرفت ها در زمان اجرا و به صورت تجربی ایجاد شده

انتقادهای وارد بر مدل OSI

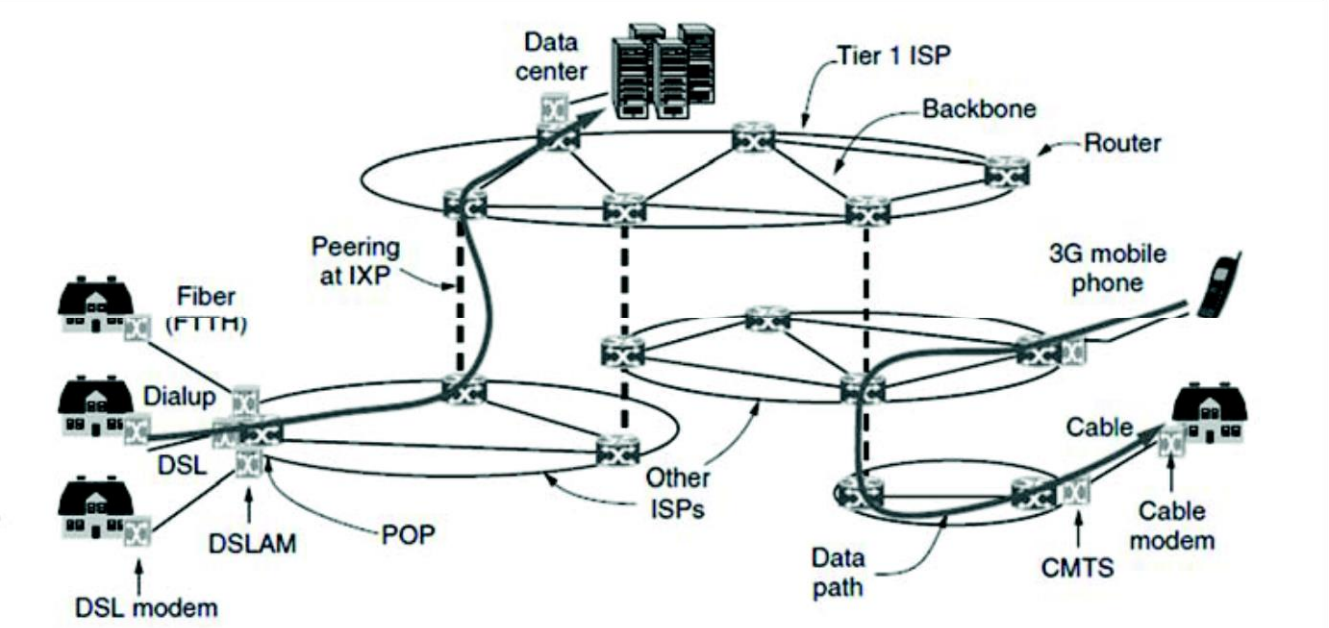
- **زمان بندی بد (توجه به زمان در انجام پروژه)**
- **تکنولوژی بد**
  - لایه های بیش از حد (رقابت با پشته ۷ لایه IBM SNA!)
  - لایه های اضافه بار (L2، L1و خالی (L5، .(L6
  - درک و اجرای آن بسیار دشوار است
  - در ابتدا پروتکل های بدون اتصال نادیده گرفته شد
- **پیاده سازی های بد**
  - پیاده سازی های اولیه بسیار زیاد، سخت و کند بودند.
- **سیاست بد**
  - TCP/IP به عنوان بخشی از یونیکس، به طور گسترده در دسترس، مفید و باز است
  - OSI به عنوان مخلوق وزرای مخابرات/شرکت های بزرگ مخابراتی

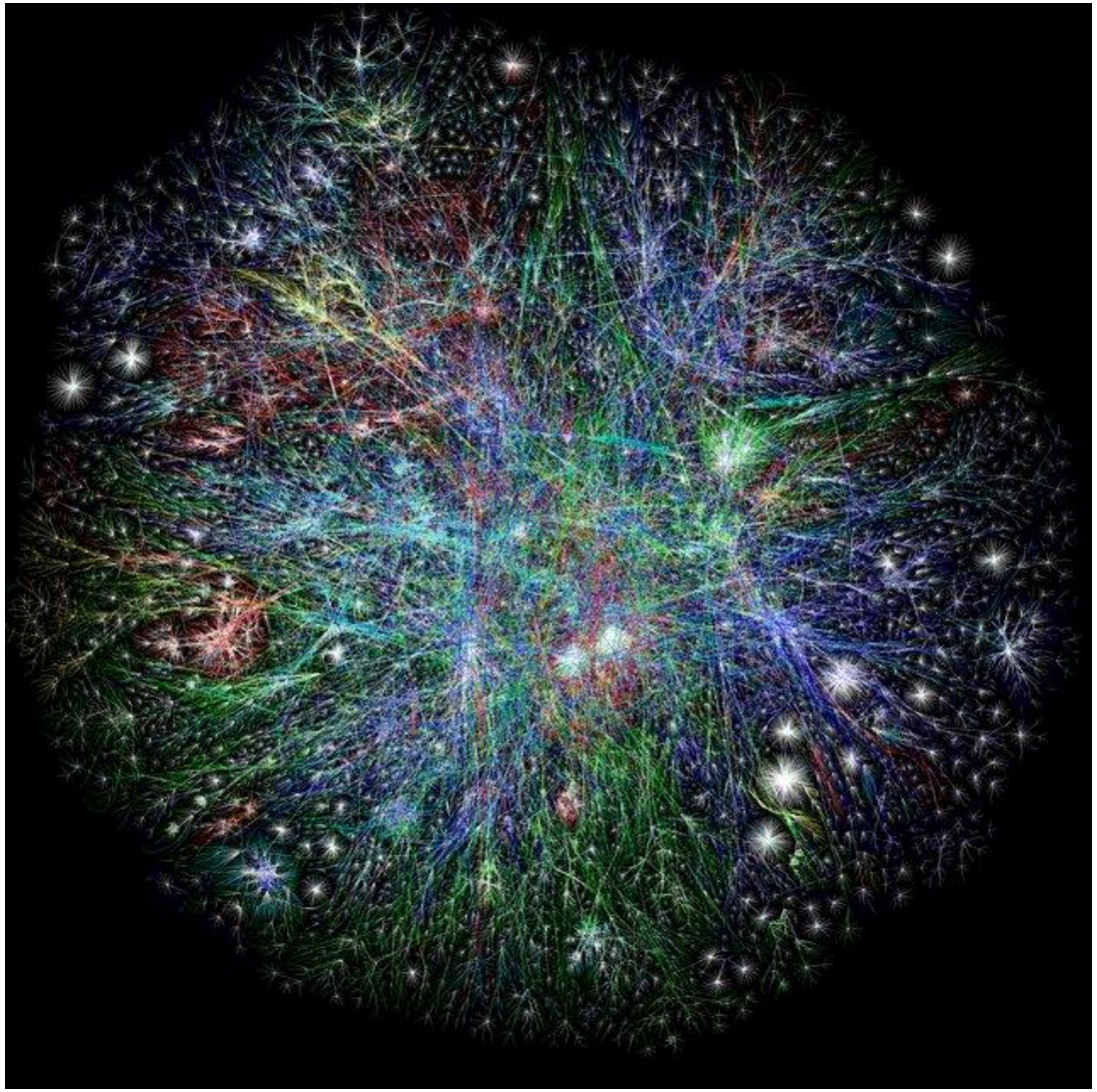
نمودار میزان توجه پژوهشگران بعد از مدتی استاندارد سازی انجام می گیرد بعد دوباره فاز صنعتی شدن شکل می گیرد. در OSI در فرایند استاندارد سازی بیش از حد طول کشید. و فشل شد



معماری اینترنت

- ISP: ارائه قابلیت اتصال (DSL، Dialup، Cable، FTTH، 3G، و غیره دسترسی به شبکه)
- ISP ها (Peering at IXP) داده ها را به صورت داخلی (محصول اصلی خود) یا از طریق ارتباط متقابل آن با سایر ISP ها به مراکز داده ای که خدمات مورد نظر را میزبانی می کنند، هدایت می کند.





- یک نقشه جزئی از اینترنت، ارائه شده بر اساس تاخیر پینگ و رنگی بر اساس دامنه های سطح بالا
- منبع: Understanding complexity via network theory: a gentle introduction, 2020

Local Area Networks: Wireless LAN

ایده: اجازه ارتباط بی سیم برای:

دسترسی به شبکه های ستون فقرات

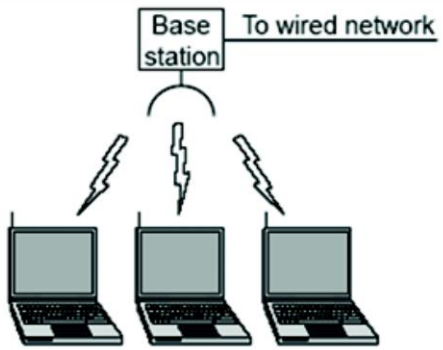
Ad Hoc ارتباط همتا به همتا

معروف ترین استاندارد: سری IEEE 802.11

اولین پیشرفت در سال ۱۹۹۷ با سرعت ۱ مگابیت در ثانیه یا ۲ مگابیت در ثانیه

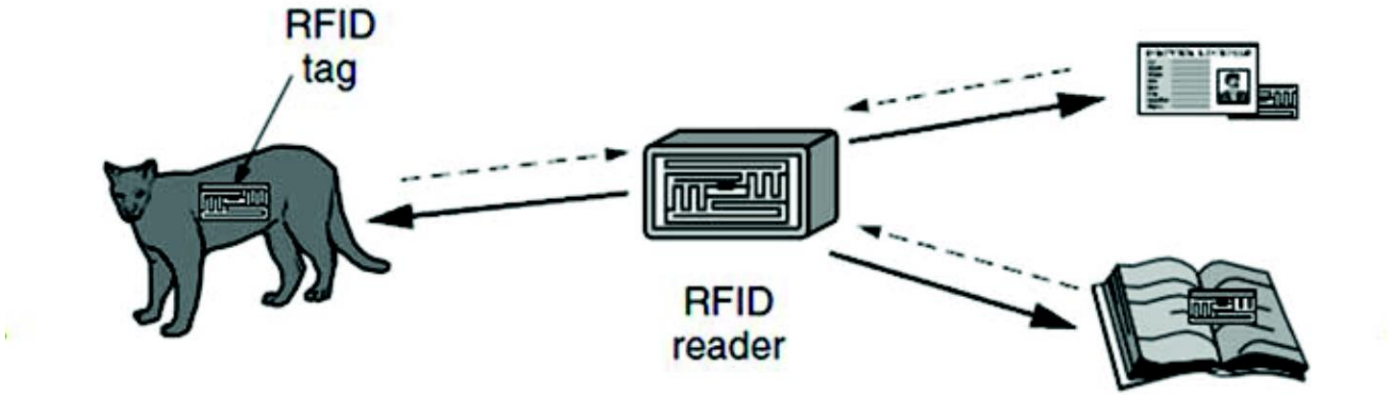
نسل جدیدتر: 802.11g با سرعت ۵۴ مگابیت بر ثانیه و 802.11n با سرعت ۴۵۰ مگابیت بر ثانیه کار می کند.

استانداردها در 5g سرعت بالاتر می‌دهد.



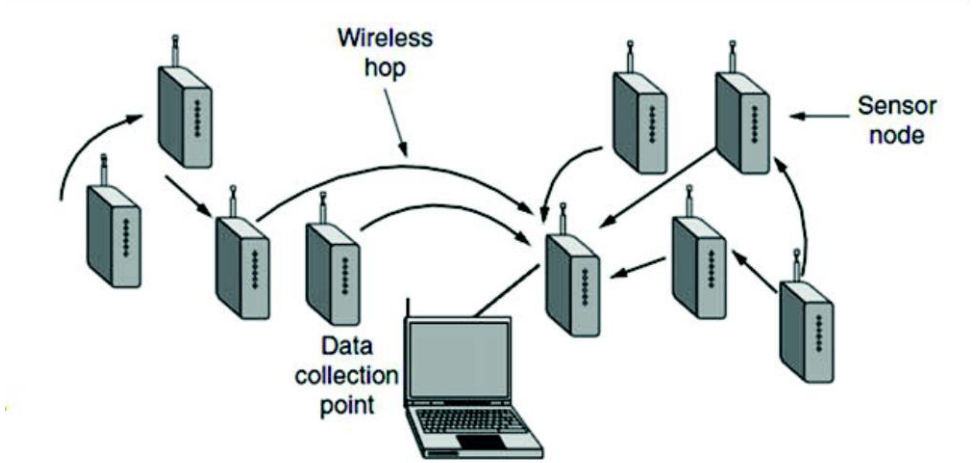
Radio Frequency Identification (RFID)

- اشیایی که می توانند برای اهداف زیادی مانند شناسایی و ردیابی استفاده شوند
- RFID Reader با تگ های RFID تعامل دارد تا داده ها را به آنها **ارسال** کند و داده ها را از آنها با استفاده از امواج رادیویی **بخواند**.
- RFID می تواند **غیرفعال** یا **فعال** باشد
- مسائل شبکه مانند **آدرس دهی** و **کنترل دسترسی چندگانه** باید در نظر گرفته شود



شبکه های حسگر

- بسیاری از گره ها که شرایط محیطی (دما، صدا، حرکت و غیره) را حس می‌کنند و داده ها را به یک مکان مرکزی گزارش می‌دهند
- گره‌ها باید با یکدیگر همکاری کنند تا داده ها را به درستی هدایت کنند
- بسیاری از مسائل کلیدی شبکه مانند کنترل دسترسی چندگانه و مسیریابی باید به درستی در نظر گرفته شوند



مراجع استاندارد سازی: Who's Who

- Telecommunication world
  - ITU: International Telecommunication Union International standards ← مهمترین و زیرمجموعه سازمان ملل
  - ISO: Int. Organization for Standardization (1946)
  - ANSI: American National Standards Institute
  - IEEE: Inst. of Electrical and Electronic Engineers ← خیلی شاخص در حوزه network
- Internet
  - IAB: Internet Activities Board
  - IETF: Internet Engineering Task Force ← خیلی شاخص در حوزه الگوریتمی پروتکلها
  - IRTF: Internet Research Task Force

شبکه های محلی: Ethernet

- شبکه محلی کابلی (اترنت):
- در ابتدا توسط فردی به نام Metcalfe در سال ۱۹۷۶ در شرکت زیراکس برای اتصال کامپیوترها توسعه یافت
- استاندارد اولیه زیراکس، اینتل و DEC در سال ۱۹۷۸. در سال ۱۹۸۳ توسط IEEE به عنوان ۸۰۲.۳ استاندارد شده است
- از ۳ مگابیت بر ثانیه اصلی به ۱۰۰ گیگابیت بر ثانیه تکامل یافته است
- تکنولوژی غالب LAN، حرکت به سمت برنامه های کاربردی MAN