第九章

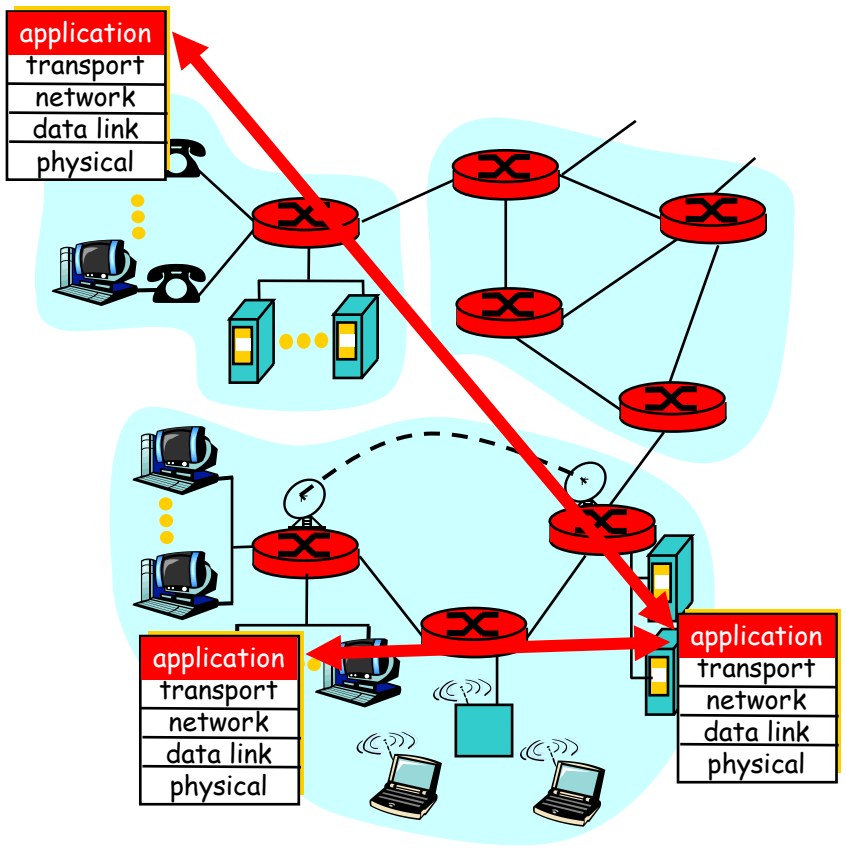
网络应用

主要内容

- 应用层概述
- 客户/服务器模型
- 域名服务
- 简单网络管理协议
- 电子邮件
- **WWW**
- 文件传输协议

应用层概述

- 网络应用程序：互相通信的分布式进程
  - 在网络主机上的用户空间运行
  - 互相交换消息
  - 比如email、ftp和web
- 应用层协议
  - 应用程序的一部分
  - 定义应用程序之间交换的信息以及相应的动作
  - 利用底层协议提供的服务



应用层术语

- 一个进程（线程）是运行于主机上的一个程序
- 在同一主机上的进程（线程）利用操作系统提供的**IPC（interprocess communication）**进行通信
- 在不同主机上运行的进程利用应用层协议进行通信
- 用户代理（**user agent**）是指用户和网络应用程序间的接口。比如**web**浏览器，流媒体播放器等

应用程序编程接口

- 应用程序编程接口**API （application programming interface）**
  - 定义应用程序和传输层之间的接口
  - **socket: Internet API**
    - 两个进程通过向**socket**写数据和读数据来通信
- **Q:** 进程如何指明要与之通信的另一个进程
  - **IP**地址指明该进程所在的主机
  - 端口号指明该主机应该把收到的数据交给哪个当地进程

应用程序所需的传输服务

- 数据丢失容忍度
  - 有的应用程序可以容忍一定程度的数据丢失，例如音频应用
  - 有的应用程序要求100%的可靠传输，例如文件传输
- 带宽容忍度
  - 有的程序需要一定的带宽才能工作，例如多媒体
  - 有的程序则使用它所能得到的全部带宽，例如文件传输
- 延迟容忍度
  - 有的程序要求低延迟，例如IP电话和交互游戏
  - 有的程序可以容忍较大延迟，例如电子邮件

应用程序所需的传输服务（续）

应用	数据丢失	带宽	时间敏感
file transfer	no loss	elastic	no
e-mail	no loss	elastic	no
Web documents	no loss	elastic	no
real-time audio/video	loss-tolerant	audio: 5Kb-1Mb video:10Kb-5Mb	yes, 100’s msec
stored audio/video	loss-tolerant	same as above	yes, few secs
interactive games	loss-tolerant	few Kbps up	yes, 100’s msec
financial apps	no loss	elastic	yes and no

互联网传输协议提供的服务

TCP服务：

- 面向连接：用户端和服务器需要建立连接
- 接收和发送进程间的可靠传输
- 流量控制：发送方不会淹没接收方
- 拥塞控制：网络拥塞时限制发送方发送
- 不提供：延迟保证，最小带宽保证

UDP服务：

- 接收和发送进程间的不可靠传输
- 不提供：连接建立，可靠性、流量控制、拥塞控制和带宽保证

互联网应用和使用的相应协议

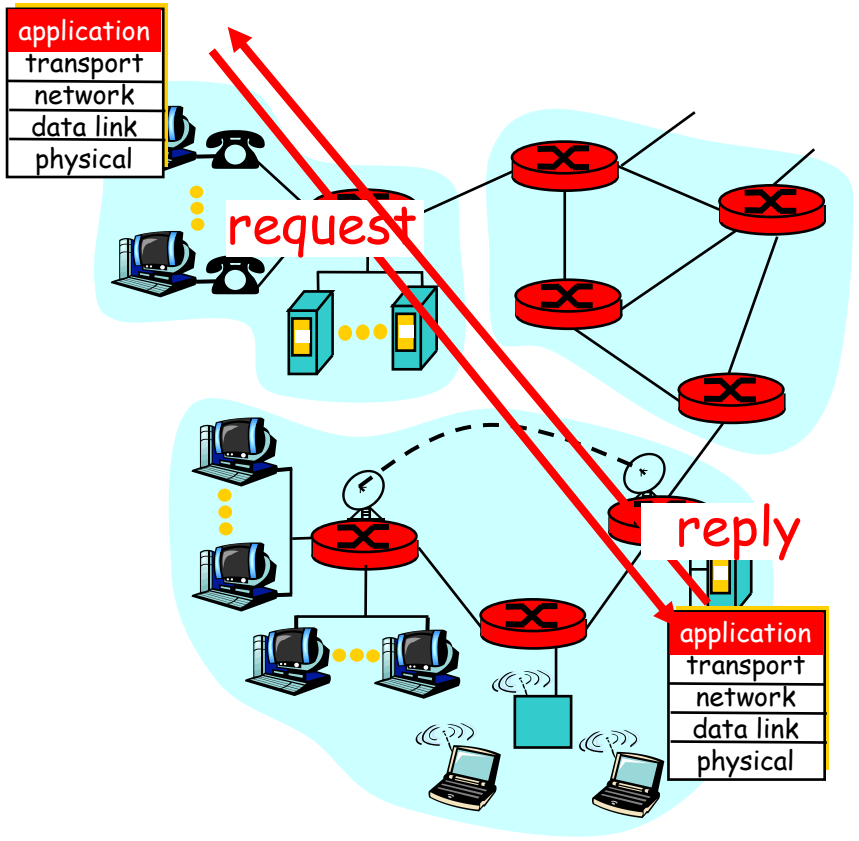
应用	应用层协议	底层传输层协议
e-mail	smtp [RFC 821]	TCP
remote terminal access	telnet [RFC 854]	TCP
Web	http [RFC 2068]	TCP
file transfer	ftp [RFC 959]	TCP
streaming multimedia	proprietary (e.g. RealNetworks)	TCP or UDP
remote file server	NFS	TCP or UDP
Internet telephony	proprietary (e.g., Skype)	typically UDP

主要内容

- 应用层概述
- **客户/服务器模型**
- 域名服务
- 简单网络管理协议
- 电子邮件
- **WWW**
- 文件传输协议

客户/服务器模型

- 基本概念
  - 客户/服务器模型是网络应用的基础
  - 客户/服务器分别指参与一次通信的两个应用实体，客户方主动地发起通信请求，服务器方被动地等待通信的建立，并提供服务



客户/服务器模型（续）

- 客户软件
  - 任何一个应用程序当需要进行远程访问时成为客户，这个应用程序也要完成一些本地的计算
  - 一般运行于用户的个人计算机上
  - 向服务器主动发起通信请求
  - 不需要特殊的硬件和复杂的操作系统
- 服务器软件
  - 是专用的提供某种服务的特权程序，可以同时处理多个远程客户的请求
  - 一般在系统启动时被执行，并连续运行以处理多次会话
  - 被动地等待远程客户发起通信
  - 需要特殊的硬件和复杂的操作系统

客户/服务器模型（续）

- 数据在客户和服务器之间是双向流动的，一般是客户发出请求，服务器给出响应
- 服务器软件的并发性
  - 由于服务器软件要支持多个客户的同时访问，必须具备并发性
  - 服务器软件为每个新到的客户创建一个进程或线程来处理与这个客户的通信
- 服务器软件的组成
  - 服务器软件一般分为两部分：一部分用于接受请求并创建新的进程或线程，另一部分用于处理实际的通信过程

客户/服务器模型（续）

- 客户/服务器之间使用的传送层协议
  - 基于连接的TCP协议
    - 要求建立和释放连接，适用于可靠的交互过程
  - 无连接的UDP协议
    - 适用于可靠性要求不高的或实时的交互过程
  - 同时使用TCP和UDP的服务
    - 有两种服务器软件的实现或服务器软件同时和TCP、UDP协议交互，不对客户做限制

主要内容

- 应用层概述
- 客户/服务器模型
- **域名服务**
- 简单网络管理协议
- 电子邮件
- **WWW**
- 文件传输协议

域名服务

- 产生原因
  - **32**比特的**IP**地址难于记忆，符号地址便于记忆，因此需要一个完成二者之间相互转换的机制。比如用**netlab.cs.tsinghua.edu.cn**表示**166.111.69.241**
  - 当网络规模比较小时，例如**ARPANET**，每台主机只需查找一个文件（**UNIX**的**host**），该文件中列出了主机与**IP**地址的对应关系
  - 当网络规模很大时，上述方法就不适用了，因此产生了域名系统**DNS**（**Domain Name System**）

DNS概述

- 域名系统是一个典型的客户/服务器交互系统
- 域名系统是一个多层次的、基于域的命名系统，并使用分布式数据库实现这种命名机制
- 操作过程
  - 当应用程序需要进行域名解析时，它成为域名系统的一个客户。它向本地域名服务器发出请求，请求以UDP段格式发出
  - 本地域名服务器找到对应的IP地址后，给出响应
  - 当本地域名服务器无法完成域名解析时，它临时变成其上级域名服务器的客户，继续解析，直到该域名解析完成
- RFC 1034，1035

域名的结构

- 互联网的顶级域名分为组织结构和地理结构两种。每个域对它下面的子域和机器进行管理
- **DNS**中，域名是由“**.**”所分开的字符、数字串组成的，例如**www.tsinghua.edu.cn**
- 域名是大小写无关的，“**edu**”和“**EDU**”相同。域名最长**255**个字符，每部分最长**63**个字符

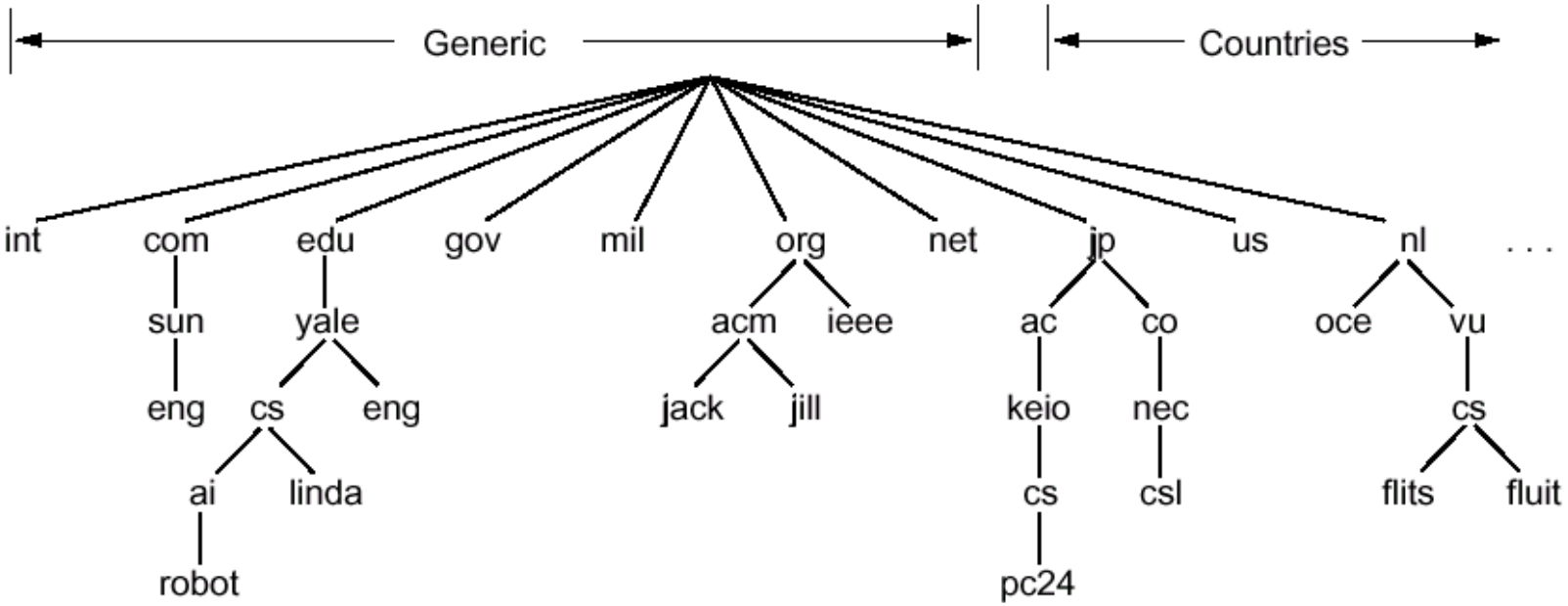


Fig. 7-25. A portion of the Internet domain name space.

资源记录

- 在DNS的数据库中用资源记录来表示主机和子域的信息，当应用程序进行域名解析时，得到的便是域名所对应的资源记录
- 资源记录是一个五元式
  - **Domain_name Time_to_live Type Class Value**

Type	Meaning	Value
SOA	Start of Authority	Parameters for this zone
A	IP address of a host	32-Bit integer
MX	Mail exchange	Priority, domain willing to accept email
NS	Name Server	Name of a server for this domain
CNAME	Canonical name	Domain name
PTR	Pointer	Alias for an IP address
HINFO	Host description	CPU and OS in ASCII
TXT	Text	Uninterpreted ASCII text

Fig. 7-26. The principal DNS resource record types.

资源记录（续）

- Type=A
  - Name：hostname
  - Value：IP地址
- Type=MX
  - Value：与name对应的邮件服务器的主机名（hostname）
- Type=NS
  - Name：域名（例如，edu.cn）
  - Value：该域权威域名服务器的IP地址
- Type=CNAME
  - Name：规范名称（ canonical name）的别名
  - Value：规范名称

```
; Authoritative data for cs.vu.nl
cs.vu.nl.       86400   IN SOA    star boss (952771,7200,7200,2419200,86400)
cs.vu.nl.       86400   IN TXT    "Faculteit Wiskunde en Informatica."
cs.vu.nl.       86400   IN TXT    "Vrije Universiteit Amsterdam."
cs.vu.nl.       86400   IN MX     1 zephyr.cs.vu.nl.
cs.vu.nl.       86400   IN MX     2 top.cs.vu.nl.

flits.cs.vu.nl. 86400   IN HINFO  Sun Unix
flits.cs.vu.nl. 86400   IN A      130.37.16.112
flits.cs.vu.nl. 86400   IN A      192.31.231.165
flits.cs.vu.nl. 86400   IN MX     1 flits.cs.vu.nl.
flits.cs.vu.nl. 86400   IN MX     2 zephyr.cs.vu.nl.
flits.cs.vu.nl. 86400   IN MX     3 top.cs.vu.nl.
www.cs.vu.nl.   86400   IN CNAME  star.cs.vu.nl
ftp.cs.vu.nl.   86400   IN CNAME  zephyr.cs.vu.nl

rowboat                 IN A      130.37.56.201
                        IN MX     1 rowboat
                        IN MX     2 zephyr
                        IN HINFO  Sun Unix

little-sister           IN A      130.37.62.23
                        IN HINFO  Mac MacOS

laserjet                IN A      192.31.231.216
                        IN HINFO  "HP Laserjet IIISi" Proprietary
```

Fig. 7-27. A portion of a possible DNS database for *cs.vu.nl*

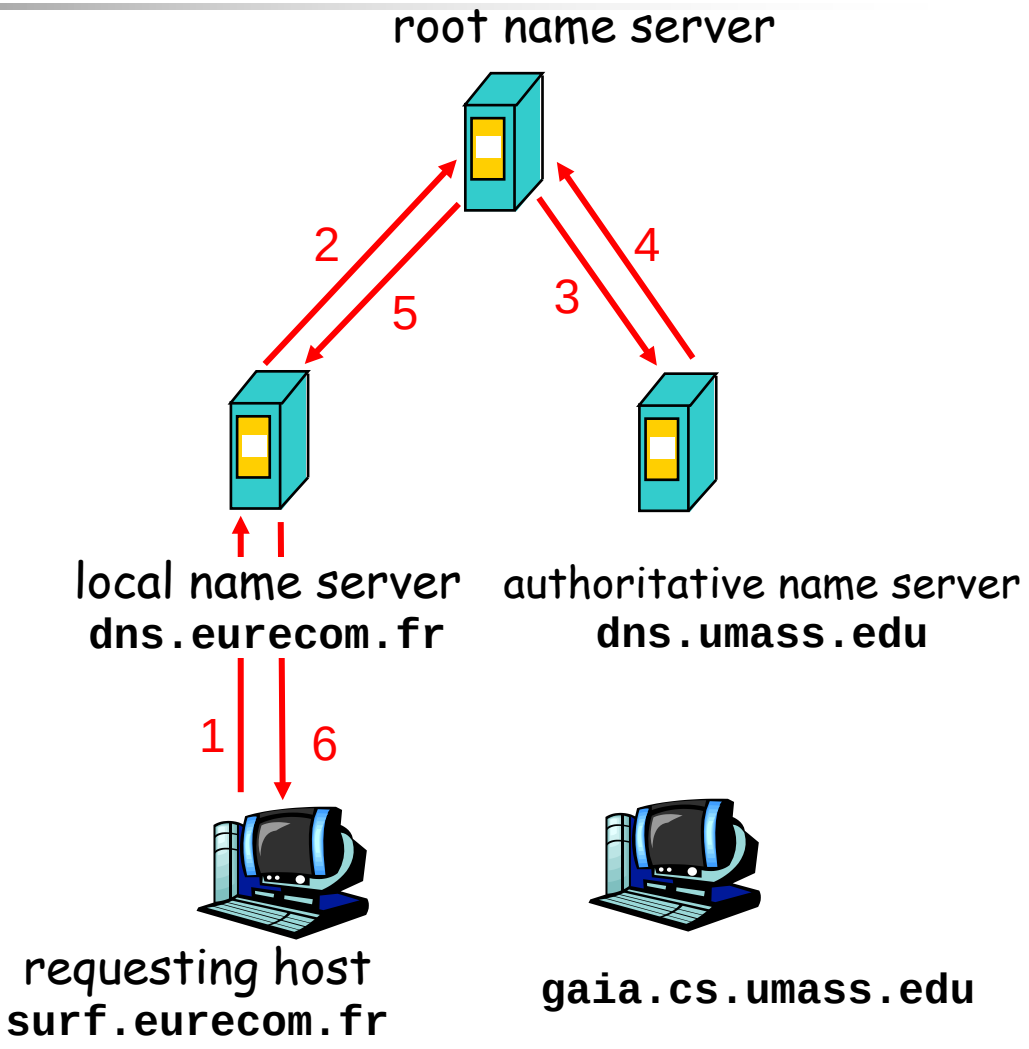
域名服务器

- 区域划分
  - **DNS**将域名空间划分为许多区域**(zone)**，每个区域覆盖了域名空间的一部分
  - 区域的边界划分是人工设置的，比如：**edu.cn**和 **tsinghua.edu.cn**不同的区域，分别有各自的域名服务器
  - 每个区域有一个主域名服务器和若干个备份域名服务器

Simple DNS example

主机 **surf.eurecom.fr**需要 **gaia.cs.umass.edu**的IP 地址

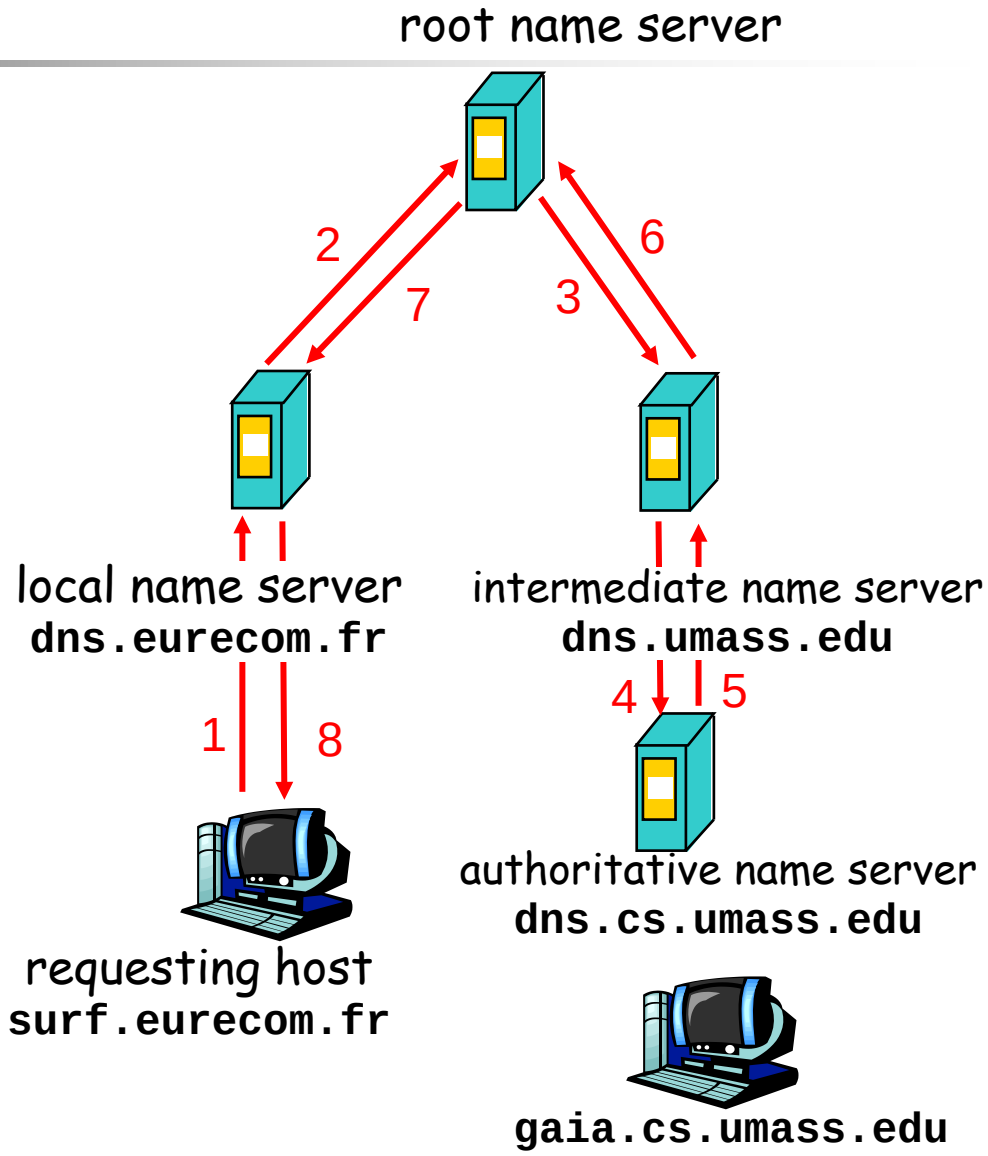
1. 与本地DNS服务器 **dns.eurecom.fr**联系
2. 如有必要 **dns.eurecom.fr** 与根域名服务器联系
3. 如有必要，根域名服务器联系authoritative域名服务器**dns.umass.edu**



DNS example

根域名服务器:

- 可能不知道authoritative域名服务器
- 可能知道中间的域名服务器，中间域名服务器知道如何与authoritative域名服务器联系



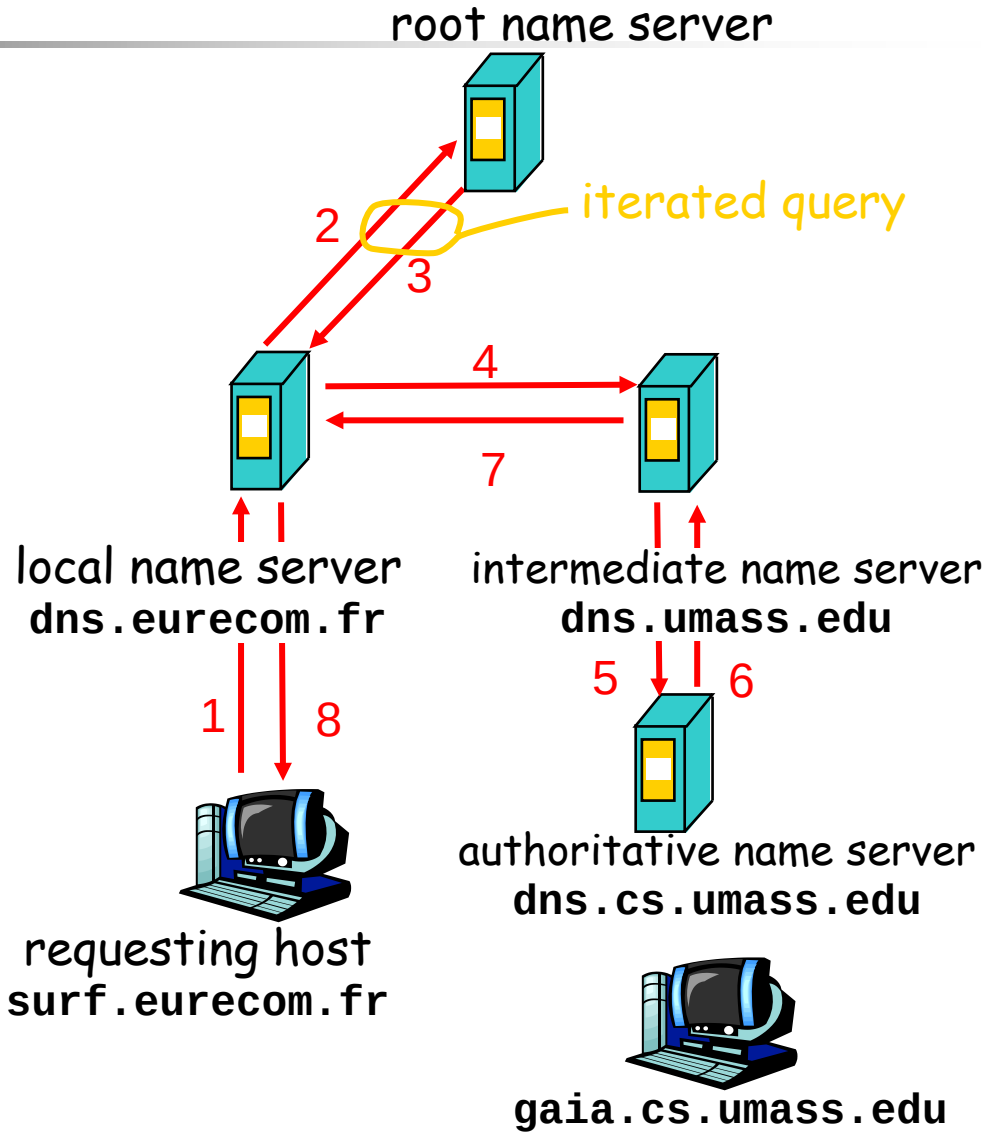
DNS: iterated queries

recursive query:

- puts burden of name resolution on contacted name server
- heavy load?

iterated query:

- contacted server replies with name of server to contact
- "I don't know this name, but ask this server"



主要内容

- 应用层概述
- 客户/服务器模型
- 域名服务
- 简单网络管理协议
- 电子邮件
- WWW
- 文件传输协议

简单网络管理协议

- **SNMP（Simple Network Management Protocol）的产生**
  - 早期网络，如**ARPANET**，规模很小，可以通过执行“**PING**”等命令来发现网络故障
  - 网络规模变大，需要一个好的工具来管理网络。**1990**年发布**RFC 1157**，定义了**SNMP v1**
  - **SNMP v2**，**RFC 1441 ~ 1452**
- 网络管理的五个基本管理功能：性能管理、故障管理、配置管理、记账管理和安全管理
- **SNMP**是基于**UDP**的

SNMP模型

- 被管理节点
  - 运行SNMP代理程序（SNMP agent），维护一个本地数据库，描述节点的状态和历史，并影响节点的运行
- 管理工作站
  - 运行专门的网络管理软件（manager），使用管理协议与被管理节点上的SNMP代理通信，维护管理信息库
- 管理信息
  - 每个站点使用一个或多个变量描述自己的状态，这些变量称为“对象（objects）”，所有的对象组成管理信息库MIB（Management Information Base）。
- 管理协议（SNMP）
  - 管理协议用于管理工作站查询和修改被管理节点的状态，被管理节点可以使用管理协议向管理站点产生“陷阱（trap）”报告

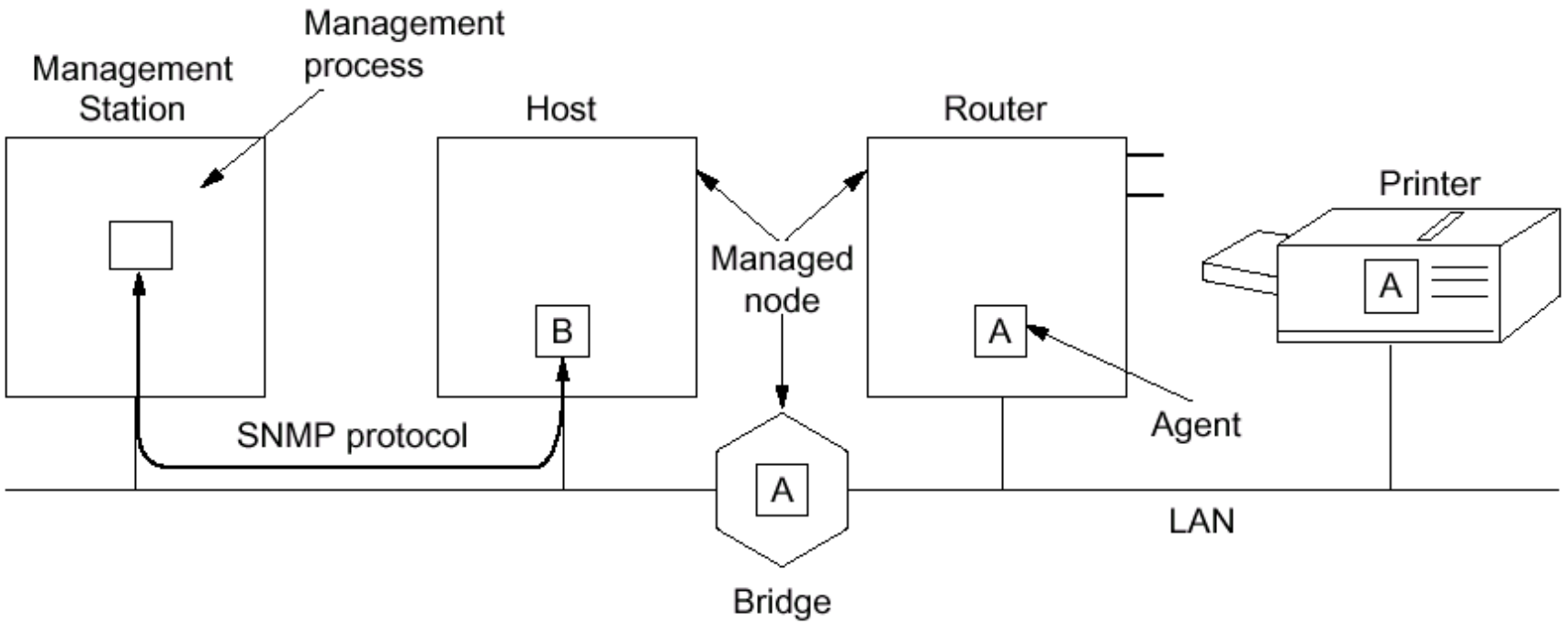


Fig. 7-30. Components of the SNMP management model.

抽象语法表示法1

- 抽象语法表示法1 （ASN.1）
  - 是一种标准的对象定义语言
  - 分为数据描述定义（ISO 8824）和传输语法定义（ISO 8825）两部分
  - 可以作为异种计算机设备之间“对象”描述和传输的表示方法
- ASN.1的基本数据类型

Primitive type	Meaning	Code
INTEGER	Arbitrary length integer	2
BIT STRING	A string of 0 or more bits	3
OCTET STRING	A string of 0 of more unsigned bytes	4
NULL	A place holder	5
OBJECT IDENTIFIER	An officially defined data type	6

Fig. 7-31. The ASN.1 primitive data types permitted in SNMP.

抽象语法表示法1（续）

- 对象命名树
  - 对象命名树使用编码，唯一地确定每个标准中的对象。基于对象命名树，任何标准中的任意对象都可以用如下的对象表示符表示
  - **{iso(1) identified-organizations(3) dod(6) internet(1) mgmt(2) mib-2(1) ..tcp(6)..}**
  - 或者是 **{1 3 6 1 2 1 6}**

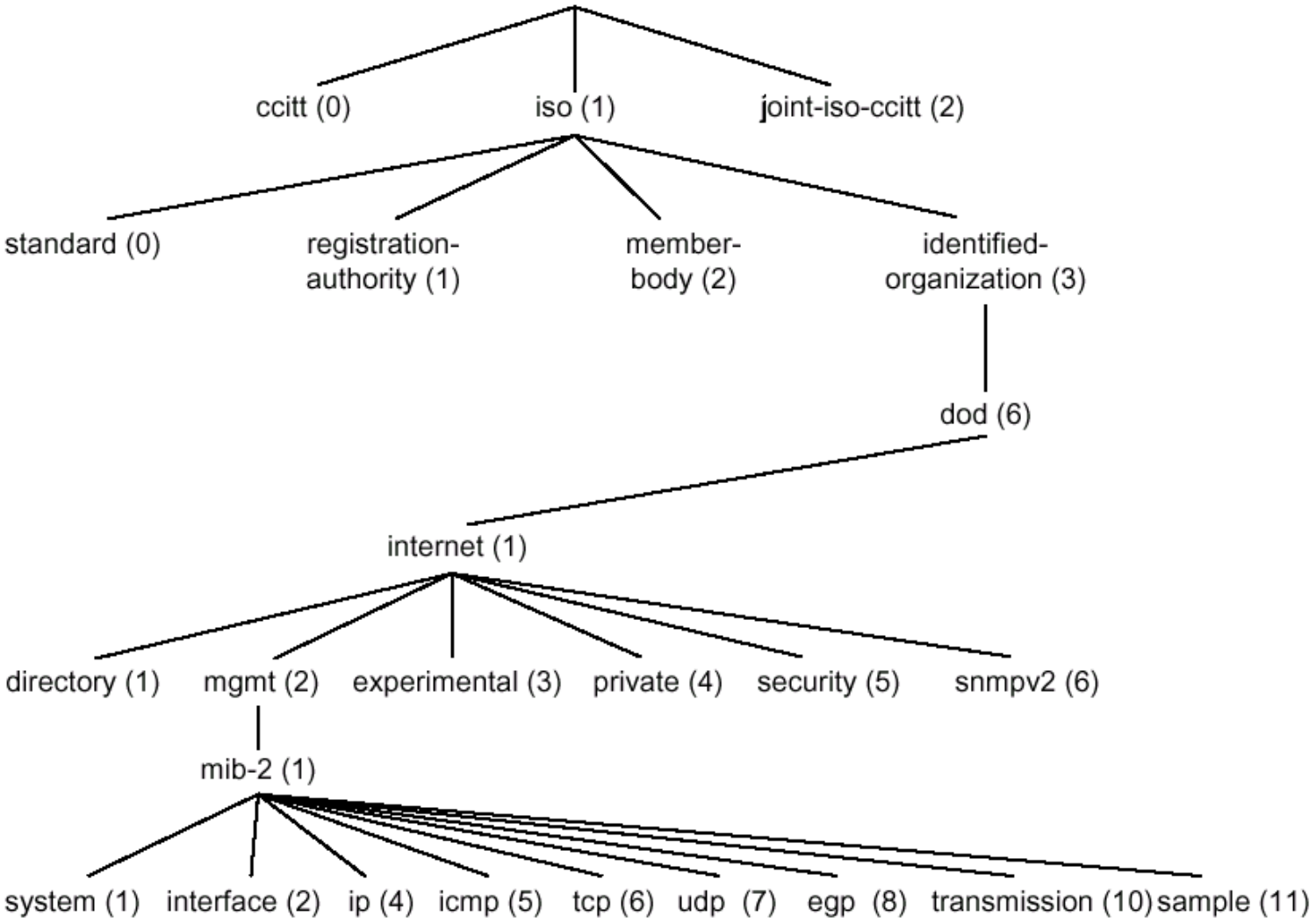


Fig. 7-32. Part of the ASN.1 object naming tree.

抽象语法表示法1（续）

- ASN.1定义了5种方法构造新的类型
  - SEQUENCE：多种类型的有序序列
  - SEQUENCE OF：一种类型的一维有序序列
  - SET：多种类型的无序集合
  - SET OF：一种类型的无序集合
  - CHOICE：创建一些类型的共同体（UNION）
- 构造新类型的另一种方法是重新标记一个老的类型
  - 类似C语言中定义新的类型（#define …）
  - 标签有四类：universal, application-wide, context-specific, private
  - 例如，Counter32 ::= [APPLICATION 1] INTEGER (0..4294967295)

抽象语法表示法1（续）

- **ASN.1的传输语法**
  - 基本编码规则**BER**（**Basic Encoding Rules)**定义了如何将**ASN.1**类型的值表示为无二义的字节序列
  - 需要传输的内容
    - 标志符 **(type or tag)**
    - 数据长度域
    - 数据域

抽象语法表示法1（续）

- 标志符 (type or tag)
  - 包括三个子域
  - 当tag值在0 ~ 30之间时，用低5位表示
  - 当tag值大于30时，低5位为“11111”，用后面字节表示。每个标识字节包括7个数据位，最后一个字节高位为“1”，其它字节高位为“0”

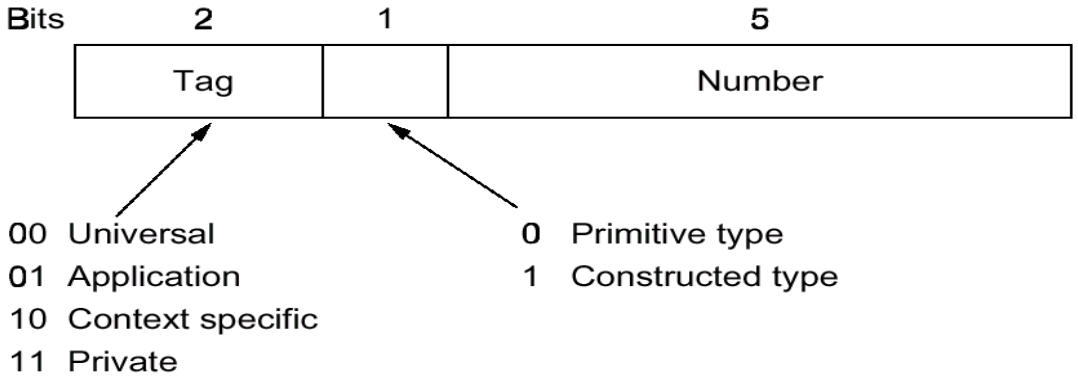


Fig. 7-33. The first byte of each data item sent in the ASN.1 transfer syntax.

抽象语法表示法1（续）

- 数据域长度
  - 当长度 < 128字节时，用一个字节表示长度，高位为“0”
  - 当长度 ≥ 128字节时，第一个字节高位为“1”，低7位表示后面表示长度的字节个数，后面的若干个（≤127）字节表示长度
  - 例，数据长度1000字节，则长度域包括3个字节，第一个字节为“10000010”，后两个字节为“00000011”和“11101000”

抽象语法表示法1（续）

- 数据域
  - **INTEGER**：二进制编码
  - **BIT STRING**：编码表示不变，长度域表示字节个数，并在传位串前先传一个字节表示位串最后一个字节不用的位数。
    - 例，位串“010011111”传输时变为“07 4f 80”（十六进制）
  - **OCTET STRING**：编码表示不变
  - **NULL**：长度域为**0**，不传数据
  - **OBJECT IDENTIFIER**：按照命名树的编码整数序列编码，前两个数**a, b**可用一个字节编码，值为**40a + b**
  - 如果数据长度未知，需要有结束标志

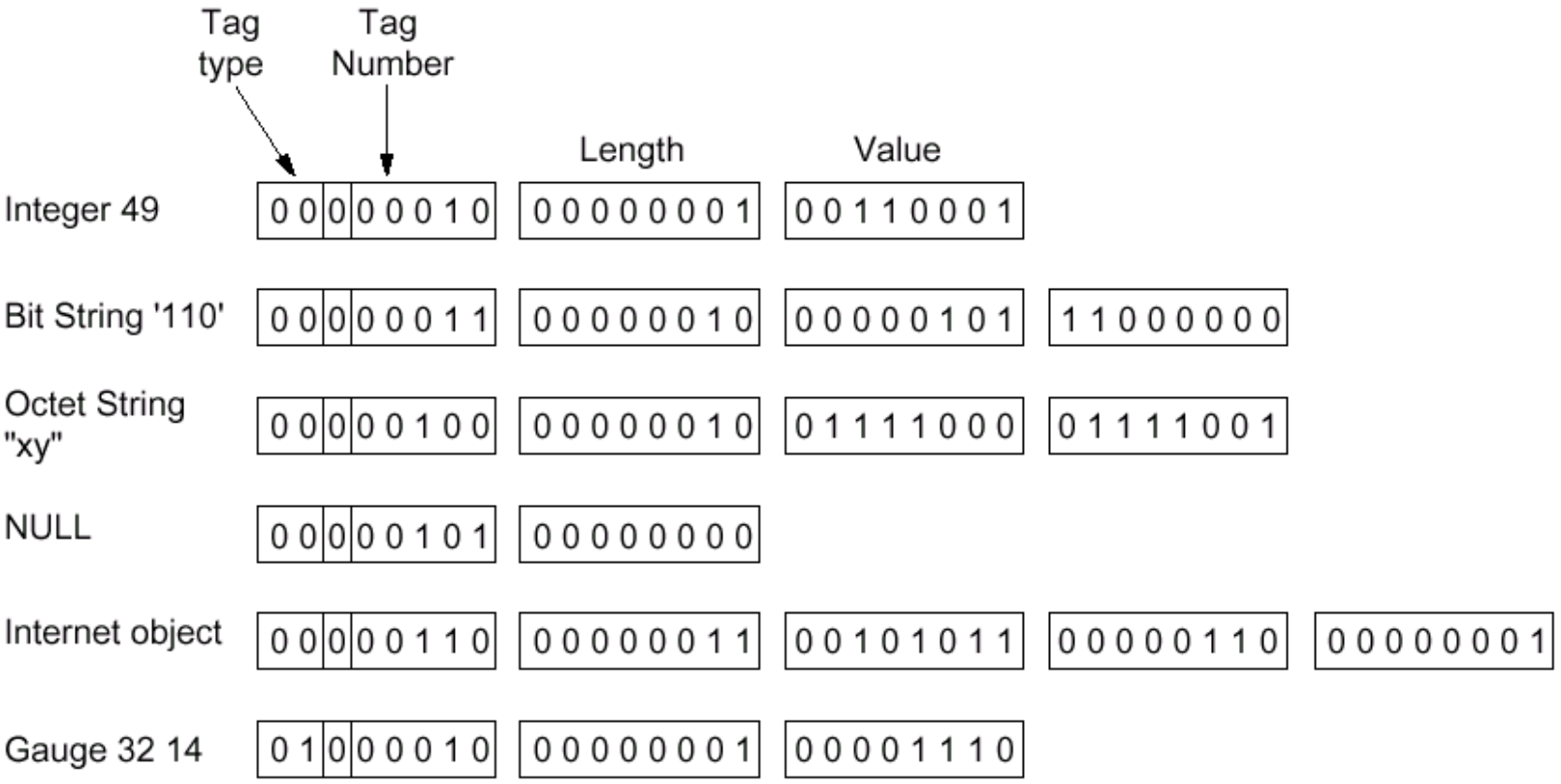


Fig. 7-34. ASN.1 encoding of some example values.

管理信息结构和管理信息库

- 管理信息结构SMI和管理信息库MIB
  - 定义
    - SNMP在ASN.1的基础上，定义了四个宏，八个新数据类型来定义SNMP的数据结构，被称为管理信息结构SMI
    - SNMP使用SMI首先将变量定义为“对象”（object），相关的对象被集合成“组”（group），组最后被汇集成“模块”（module）
  - 管理信息库
    - SNMP的MIB包含10个组。网络管理工作站通过使用SNMP协议，向被管理节点中的SNMP代理发出请求，查询这些对象的值

管理信息结构和管理信息库（续）

- 每个对象有以下四个属性：
  - 对象类型(object type)：定义了对象的名字
  - 语法(syntax)：指定了数据类型。
  - 存取(access)：表示了对象的存取级别，合法的值有只读、只写、读写和不可存取
  - 状态(status)：定义了对象的实现需要，
    - 必备的：被管理结点必须实现该对象
    - 可选的：被管理结点可能实现该对象
    - 已经废弃的：被管理结点不需要实现该对象

SNMP协议

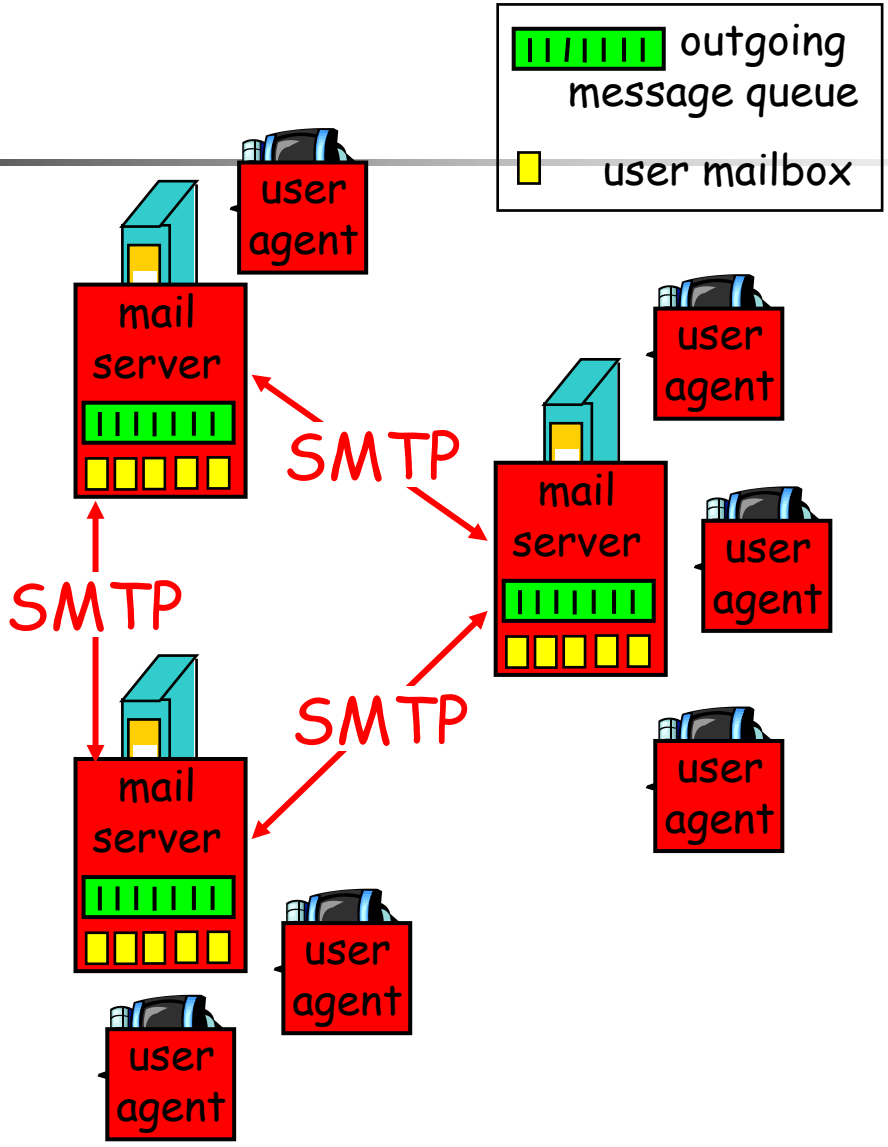
- 定义了网络管理工作站和**SNMP**代理之间的通信过程和协议数据单元
- 网络管理工作站发往**SNMP**代理的数据请求
  Get-request, Get-next-request, Get-bulk-request
- 网络管理工作站发往**SNMP**代理的数据更新请求
  Set-request
- 网络管理工作站与网络管理工作站之间的**MIB**交换
  Inform-request
- **SNMP**代理发往网络管理工作站的陷阱报告
  SnmpV2-trap

主要内容

- 应用层概述
- 客户/服务器模型
- 域名服务
- 简单网络管理协议
- 电子邮件
- WWW
- 文件传输协议

电子邮件

- 相关协议标准
  - 1982年ARPANET提出了RFC821(传输协议)，RFC822(消息格式)作为电子邮件协议
  - 1984年CCITT提出了X.400建议，但是没有得到普及
- 体系结构
  - 用户代理：允许用户阅读和发送电子邮件，一般为用户进程
  - 消息传输代理：将消息从源端发送至目的端，一般为系统的后台进程
  - 简单邮件传输协议SMTP(Simple Mail Transfer Protocol)


outgoing message queue
user mailbox
user agent
mail server
SMTP
SMTP
SMTP
mail server
mail server
user agent
user agent
user agent
user agent
user agent
user agent

电子邮件（续）

- 电子邮件系统提供的五大基本功能
  - 撰写：指创建消息或回答消息的过程
  - 传输：指将消息从发送者传出至接收者
  - 报告：将消息的发送情况报告给消息发送者
  - 显示：使用相应的工具软件将收到的消息显示给接收者
  - 处理：接收者对接收到的消息进行处理，存储/丢弃/转发等等
- 其它高级功能
  - 自动转发、自动回复
  - **mailbox**，创建邮箱存储邮件
  - **mailing list**
  - 抄送（**cc**）、高优先级、加密

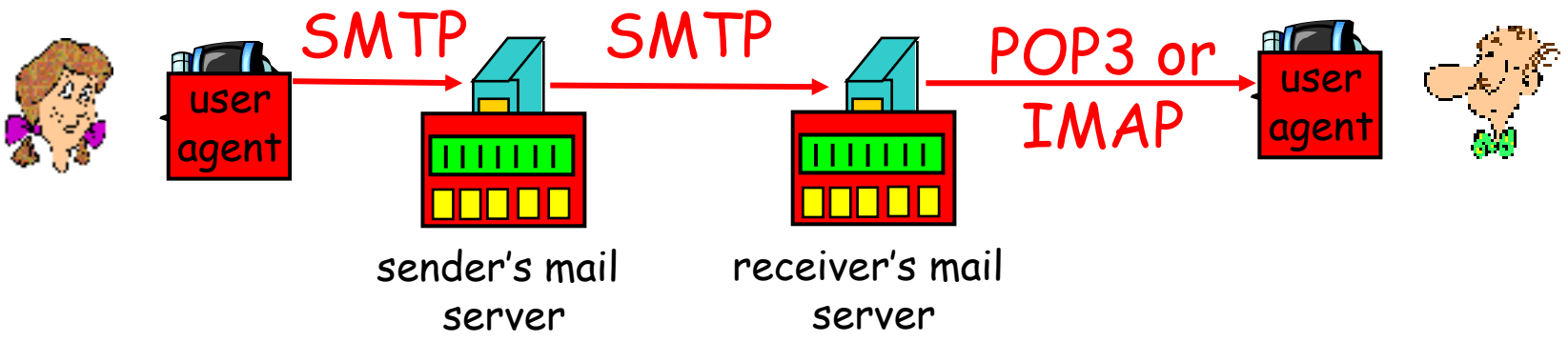
电子邮件（续）

- 电子邮件的组成
  - 信封：接收方的信息，如名字、地址、邮件的优先级和安全级别
  - 信件内容：由信头和信体组成，信头包含了用户代理所需的控制信息，信体是真正的内容
- 用户代理
  - 发送电子邮件
    - email地址，例如，webmaster@tsinghua.edu.cn
    - mailing list，例如，students@cs.tsinghua.edu.cn
    - X.400地址，例如，/C=US/SP=MASSACHUSETTS/L=CAMBRIDGE/PA=360 MEMORIAL DR./CN=KEN SMITH/
  - 阅读电子邮件
    - 用户代理在启动时检查用户的mailbox，通知用户是否有新邮件到来。并摘要性的显示邮件的主题、发送者及其邮件的状态

电子邮件（续）

- 信件格式
  - RFC822
    - 信件包括信封、若干信头域和信体
  - 电子邮件的扩展
    - MIME（Multipurpose Internet Mail Extensions），增加了对图像、声音、视频、可执行文件等的支持。使用不同的编码方法将信息转化为ASCII字符流

电子邮件（续）



- 消息传送协议
  - INTERNET使用简单邮件传输协议SMTP完成电子邮件的交换

电子邮件（续）

- 过程如下
  - 消息传输代理在源端主机和目的主机的25号端口之间建立一条TCP连接，使用简单邮件传输协议SMTP协议进行通信
  - 在TCP连接建立好之后，作为客户的邮件发送方等待作为服务器的邮件接收方首先传输信息
  - 服务器首先发出准备接收的SMTP消息，客户向服务器发出HELO消息，服务器回答以HELO消息，双方进入邮件传输状态
  - 邮件传输过程：客户首先发出邮件的发信人地址(MAIL FROM)，然后发出收信人的地址(RCPT TO)，服务器确认收信人存在后，发出可以继续发送的指示，客户发送真正的消息(DATA)，以“CRLF.CRLF”作为结束
  - 当客户方邮件发送完后，服务器开始发送邮件至客户，过程同上
  - 两个方向的发送完成后，释放TCP连接(QUIT)
  - 持久（Persistent）方式

电子邮件（续）

- 注意
  - 消息以7-比特ASCII码为单位
  - 某些特殊字符串(如CRLF.CRLF)不允许在消息中出现，需要编码(例如，base64)
- 其它协议
  - POP3（Post Office Protocol），RFC 1939，用户代理和邮箱不在同一机器上，用户代理使用此协议将邮箱中的信件取回本地
  - IMAP（Internet Mail Access Protocol），RFC 1730，收信人使用多个用户代理访问同一邮箱，邮件始终保持在邮箱中
  - 加密电子邮件协议：PGP与PEM协议

Try SMTP

- **try smtp interaction for yourself**
  - **telnet servername 25**
  - **see 220 reply from server**
  - **enter HELO, MAIL FROM, RCPT TO, DATA, QUIT commands**
  - **above lets you send email without using email client (reader)**

Try SMTP（续）

- Smtp交互实例

S: 220 hamburger.edu
C: HELO crepes.fr
S: 250 Hello crepes.fr, pleased to meet you
C: MAIL FROM: <alice@crepes.fr>
S: 250 alice@crepes.fr... Sender ok
C: RCPT TO: <bob@hamburger.edu>
S: 250 bob@hamburger.edu ... Recipient ok
C: DATA
S: 354 Enter mail, end with "." on a line by itself
C: Do you like ketchup?
C: How about pickles?
C: .
S: 250 Message accepted for delivery
C: QUIT
S: 221 hamburger.edu closing connection

主要内容

- 应用层概述
- 客户/服务器模型
- 域名服务
- 简单网络管理协议
- 电子邮件
- **WWW**
- 文件传输协议

WWW

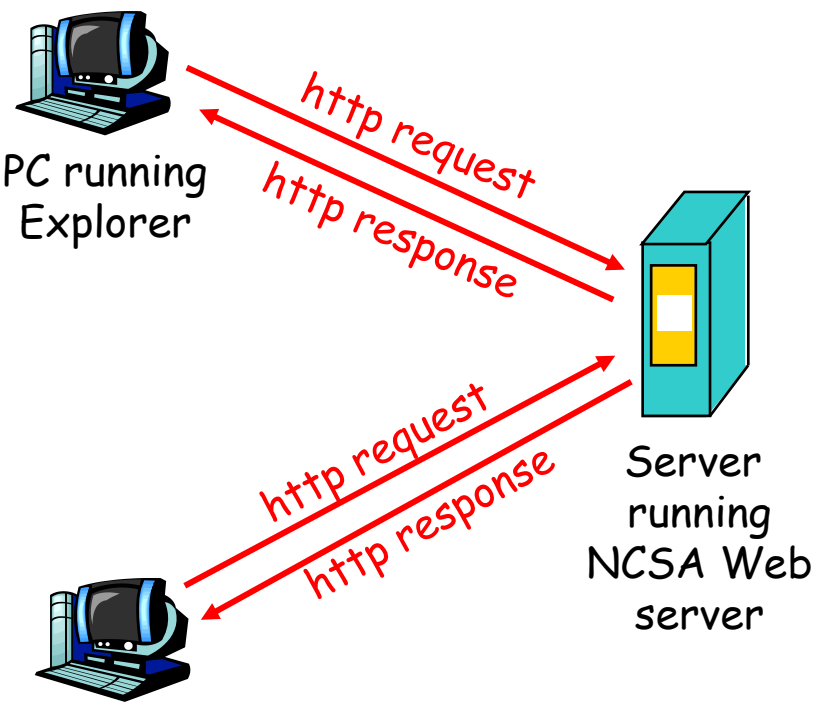
- **WWW(World Wide Web)**是用于访问遍布于互联网上的相互链接在一起的超文本的一种结构框架
- 一方面，用户可以按需获取信息；另一方面为信息发布提供方便途径
- 历史
  - **1989**年，设计**WWW**的思想产生于欧洲核研究中心**CERN**
  - **1991**年，第一个原型在美国的**Hypertext '91**会议上展示
  - **1993**年，第一个图形化浏览器，**Mosaic**
  - **1994**年，**Andreessen**创建**NETSCAPE**公司，开发**WEB**的客户和服务器软件
  - 同年，**CERN**和**MIT**共同创建**WWW**论坛，制定相关的协议标准，**http://www.w3.org**

WWW中的术语

- Web页面（网页）
  - 由对象（object）组成
  - 用URL标示地址
    - 协议类型（HTTP、FTP、TELNET等）
    - 对象所在服务器的地址（域名或IP地址）
    - 包含对象的路径名
  - 大部分网页包括基本的HTML页面和引用的对象
- 浏览器(browser)：用户访问网页的客户端
  - MS Internet Explorer
  - Netscape Navigator
- Web服务器：存储Web对象
  - Apache
  - Microsoft Internet Information Server
- 超文本传输协议http

http

- **http: hypertext transfer protocol**
- **Web的应用层协议**
- **使用TCP，80端口**
- **客户/服务器模型**
  - 客户：浏览器，发送请求，接收、显示**Web**对象
  - 服务器：**Web**服务器，接收请求，发送**Web**对象
- **无状态协议：Web服务器不保存客户信息**
- **http1.0: RFC 1945**
- **http1.1: RFC 2068**



http example

Suppose user enters URL
www.someSchool.edu/someDepartment/home.index

(contains text, references to 10 jpeg images)

1a. http client initiates TCP connection to http server (process) at www.someSchool.edu. Port 80 is default for http server.

1b. http server at host www.someSchool.edu waiting for TCP connection at port 80. "accepts" connection, notifying client

2. http client sends http *request message* (containing URL) into TCP connection socket

3. http server receives request message, forms *response message* containing requested object (someDepartment/home.index), sends message into socket

time

http example (cont.)

4. http server closes TCP connection.

5. http client receives response message containing html file, displays html. Parsing html file, finds 10 referenced jpeg objects

6. Steps 1-5 repeated for each of 10 jpeg objects

time

非持久连接和持久连接

非持久连接（Non-persistent）

- HTTP/1.0
- 服务器解析请求，发出响应报文后关闭连接
- 每个object的取得都需要两个RTT
- 每个object的传输都要经历慢启动

But most 1.0 browsers use parallel TCP connections.

持久连接（Persistent）

- default for HTTP/1.1
- 在同一个TCP连接上: 服务器解析请求并响应，再解析新的请求…
- 客户端一旦得到基本的HTML文件就发出请求索取全部object
- 较少的RTT和慢启动时间

Trying out http

1. Telnet to your favorite Web server:

```
telnet www.eurecom.fr 80
```

Opens TCP connection to port 80 (default http server port) at www.eurecom.fr. Anything typed in sent to port 80 at www.eurecom.fr

2. Type in a GET http request:

```
GET /~ross/index.html HTTP/1.0
```

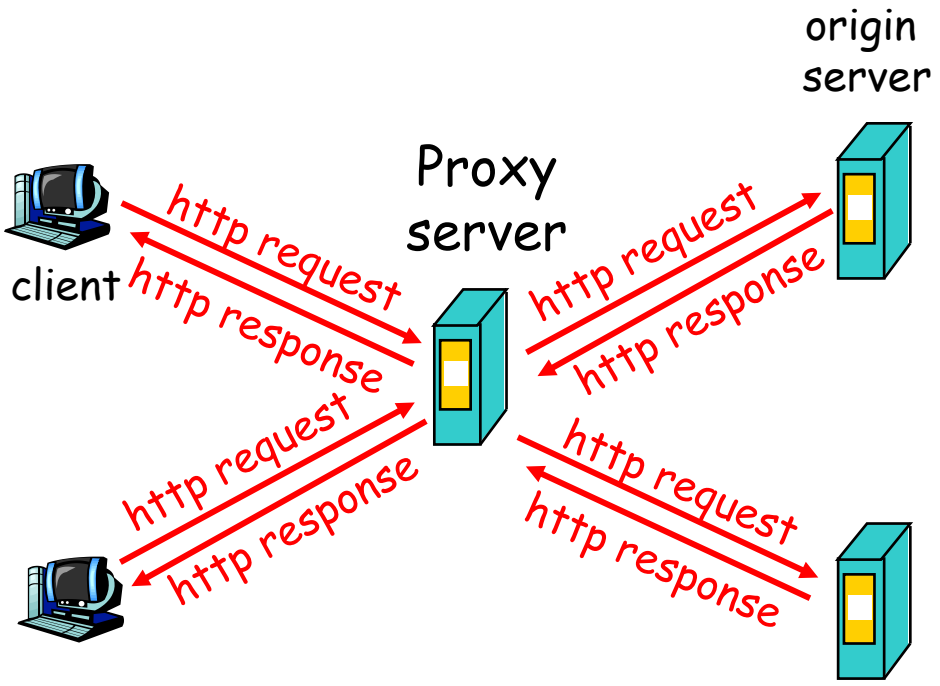
By typing this in (hit carriage return twice), you send this minimal (but complete) GET request to http server

3. Look at response message sent by http server!

Web Caches (proxy server)

- 用户设置浏览器通过Web缓存来访问Web
- 浏览器将所有http请求发给Web缓存
  - 如果所请求object在缓存中，该object被立即通过http回答返回
  - 否则Web缓存向原服务器发请求获得该object，再响应浏览器的请求

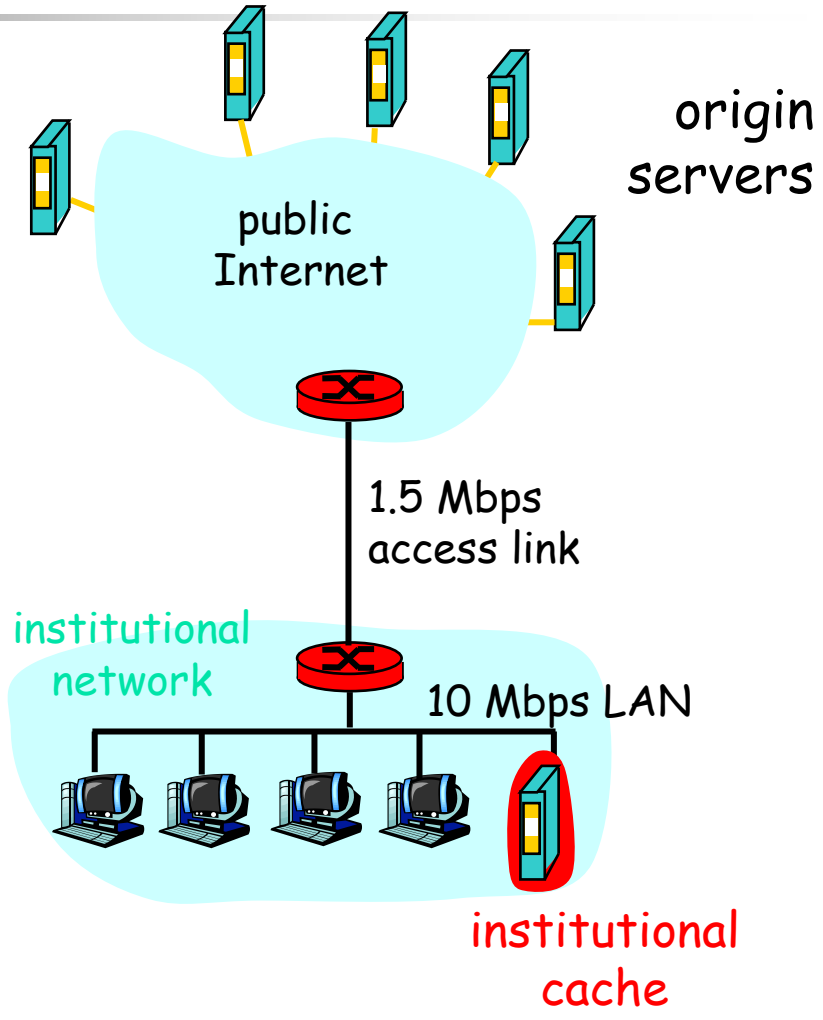
目标：不访问原服务器而满足用户的请求



为什么需要Web缓存

假定：缓存离用户端近，
比如在同一网络

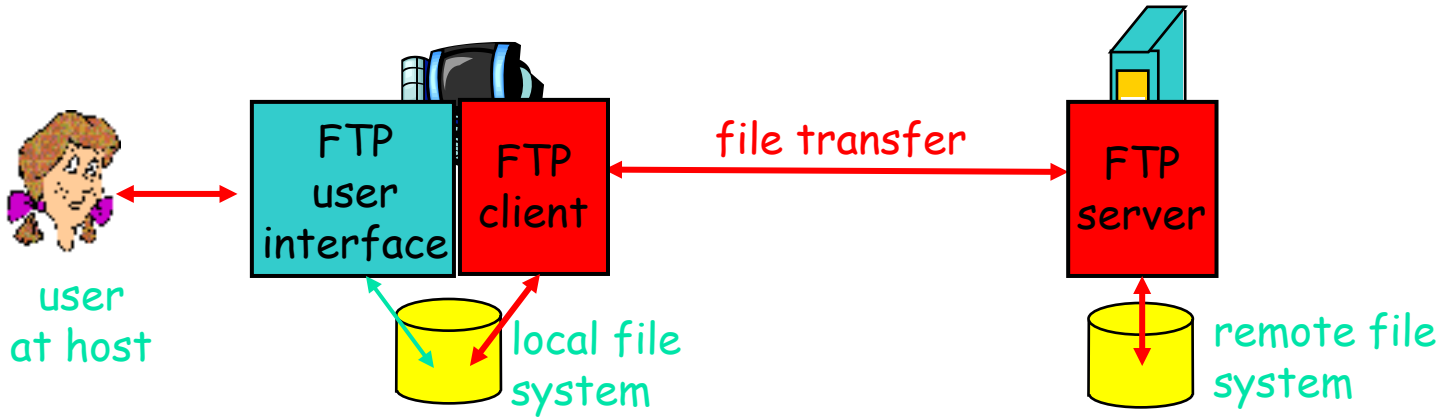
- 较小的响应时间
- 减轻通往远端服务器的
连接的流量



主要内容

- 应用层概述
- 客户/服务器模型
- 域名服务
- 简单网络管理协议
- 电子邮件
- **WWW**
- 文件传输协议

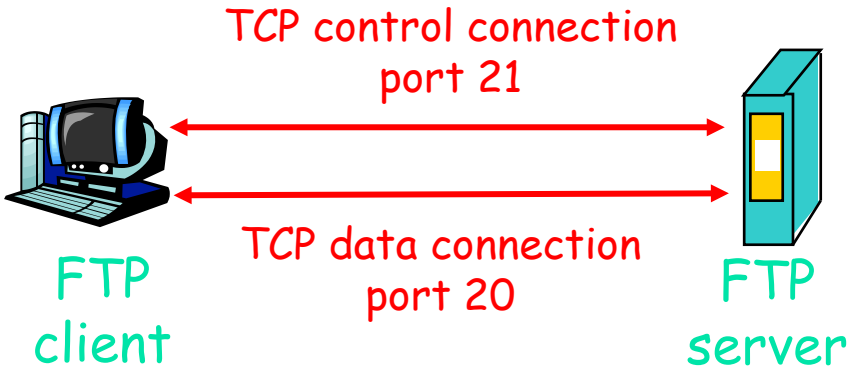
文件传输协议FTP



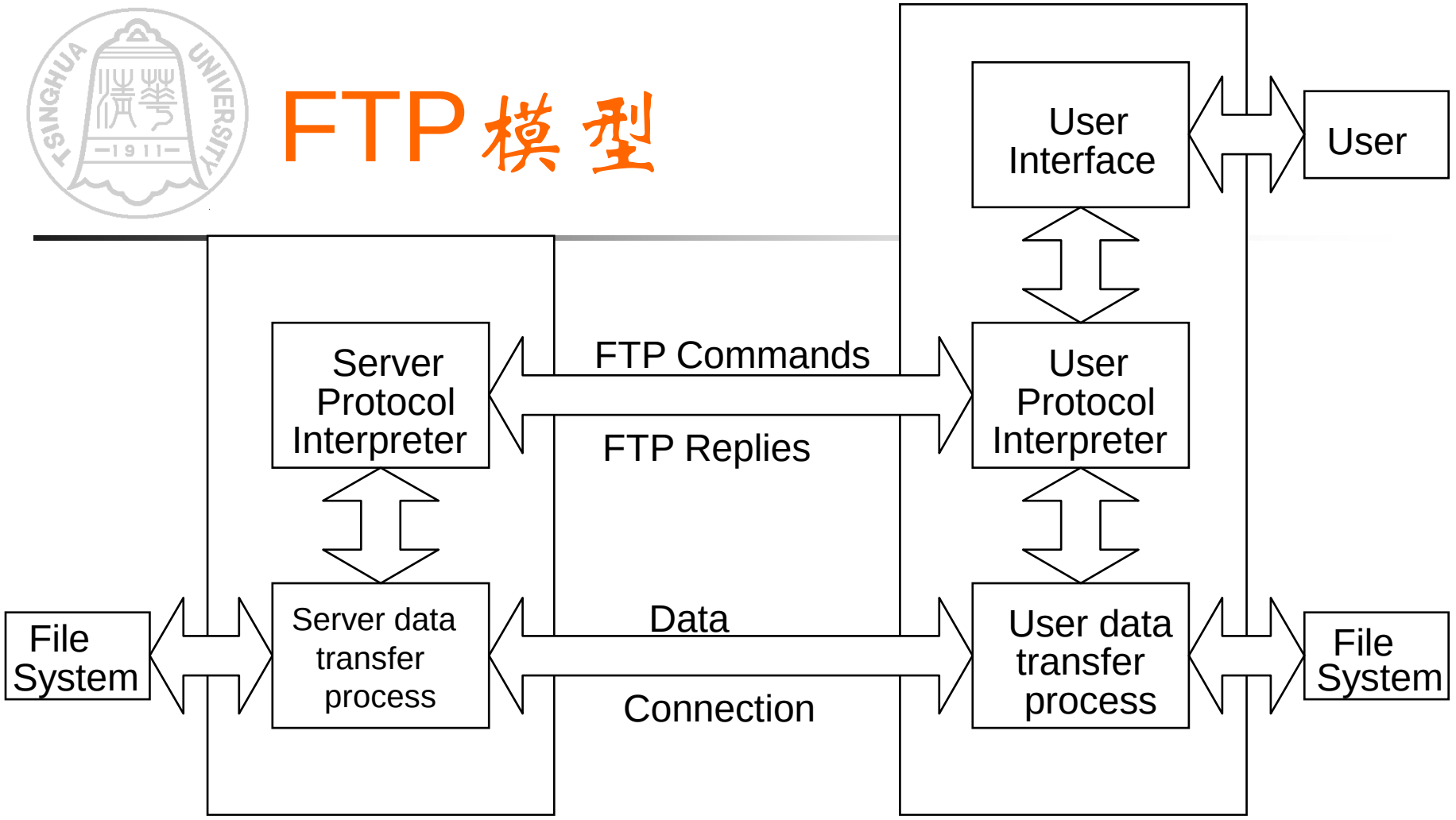
- 在两个主机之间传输文件
- 客户/服务器模式：由客户端发起文件传输(上传或下载)
- ftp: RFC 959
- ftp server: port 21

文件传输协议FTP（续）

- 客户端连接到ftp服务器TCP的21号端口
- 建立两个并行的TCP连接:
  - 控制: 在客户端和服务器之间交换命令、响应
  - 数据: 传递文件数据
- Ftp服务器维护状态：当前目录，身份认证



FTP模型



注意: 1. 数据连接可以双向使用.

2. 数据连接不必始终存在.

3. 控制连接采用的是telnet.