应用层

1. 协议模式：传输层服务模式，C-S模式，P2P模式
2. 协议：HTTP，FTP，SMTP/pop3/imap，DNS
3. 网络编程：套接字socketAPI

1. 应用层协议原理

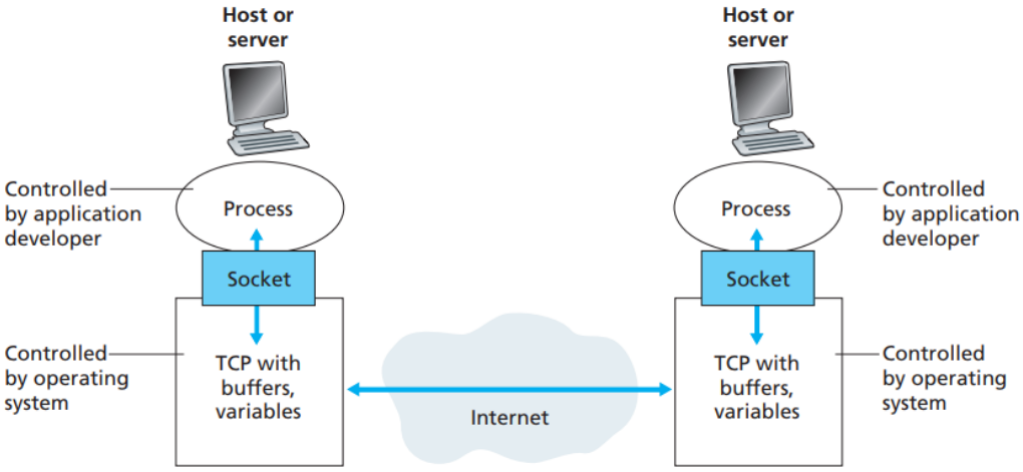
> 将app限制在端系统，研发网络应用的核心在于能在不同端系统运行+通信

1.1. 网络APP体系结构

1. C-S结构：比如Web/FTP/电子邮件
    1. 服务器：不间断的主机，有永久IP
    2. 客户端：与服务器(间歇)通信，有动态IP
2. P2P结构：适用于流量密集的APP，高可扩展但难管理
    1. 服务器：妹有
    2. 端系统：实质上又当C又当S，互相直连通信，间歇式连接，IP变化
3. 混合体系结构
    1. Skype：一方面是基于IP的P2P应用，但是查找远程方地址时又用C-S
    2. Telegram：两用户聊天是P2P，但集中式服务基于C-S(用户上线请求注册IP，查找好友IP)

1.2. 进程通信

1. 两种进程通信：同一主机中的两进程(通过OS内核完成)，不同主机间进程(通过消息交换完成)
2. 两种进程：客户端进程(发起通信)，服务器进程(等待被联系)
3. socket套接字：aka网络和APP间的API，一种软件接口，连接进程和网络(即应用层与传输层)



4. 进程寻址：
    1. 即进程的标识，格式为IP(标识主机)+端口号(标识进程)

2. 端口：例如HTTP服务端口为80，邮件服务端口为25

1.3. 应用层协议概述

1️⃣应用层协议定义了什么

1. 交换报文的类型：例如请求/响应
2. 消息语法：消息中有什么字段&字段如何描述
3. 字段语法：字段中消息的含义
4. 规则：进程何时/如何响应报文

2️⃣种类：

1. 公共协议：在RFC(请求注解)中定义，例如HTTP/SMTP/BitTorrent
2. 专用协议：例如Skype

1.4. Internet的QoS(服务质量)要求

丢包率，实时性(低时延)，吞吐量，安全性

应用程序	允许丢包?	吞吐量	具有时间敏感性?
文件传输	0	弹性的	0
e-mail	0	弹性的	0
Web文档	0	弹性的	0
实时音频/视频	1	音频: 5kbps-1Mbps 视频:10kbps-5Mbps	1(100ms)
存储式音频/视频	1	音频: 5kbps-1Mbps 视频:10kbps-5Mbps	1(几秒)
互动游戏	1	超过几kbs	1(100ms)
实时发信息	0	弹性的	是或不是

1.5. Internet提供的传输服务

1️⃣TCP服务

1. 提供：连接管理，可靠性控制，流量控制，拥塞控制
2. 不提供：实时性，最小吞吐保障，安全性
3. TCP pro：安全套接字层(SSL)，是TCP在应用层上的强化

2️⃣UDP服务：只提供不可靠数据传输

3️⃣流行Internet APP所采用的应用层/传输层协议

应用	应用层协议	支撑的传输层协议
email	SMTP [RFC 2821]	TCP
远程终端访问	Telnet [RFC 854]	TCP

应用	应用层协议	支撑的传输层协议
网页	HTTP [RFC 2616]	TCP
文件传输	FTP [RFC 959]	TCP
流式多媒体	HTTP (eg Youtube), RTP [RFC 1889]	TCP or UDP(局域网内)
网络电话	SIP, RTP, proprietary	通常是UDP

2. Web和HTTP

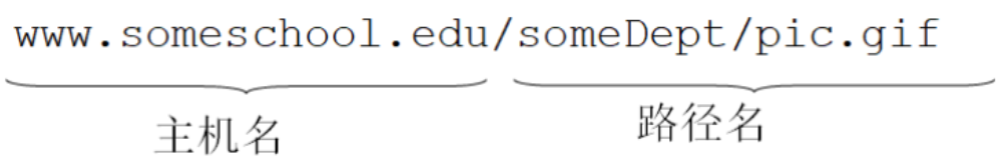
2.1. Web&HTTP概述

2.1.1. Web

1️⃣Web页面组成

1. 核心：基本HTML文件，包含主要内容结构+其他对象的引用
2. 其他对象：包括图像/Java小程序/音频等

2️⃣每个对象都可以RUL寻址：以someschool.edu域名为例



2.1.2. HTTP(超文本传输协议)

1️⃣地位：是web在应用层的协议，用于通信

2️⃣C-S模型：客户端浏览器(请求/接收/显示Web对象)，Web服务器(响应请求/发送对象)

3️⃣HTTP的基础：TCP，过程如下

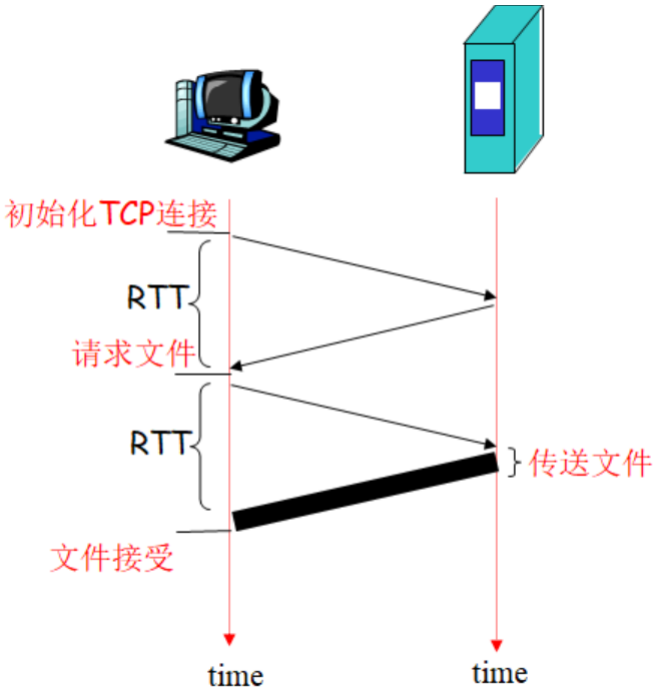
1. HTTP客户端：发起TCP连接→创建套字(端口80)→连接服务器
2. Web服务器：接收TCP连接请求
3. 交换数据，然后关闭TCP

4️⃣性质：是一个无状态的协议，服务器不保存客户端以前的请求

2.2. 非连续/连续HTTP

2.2.1. 非连续HTTP

1️⃣含义：建立一次TCP只传送一个文件，传一个文件耗时2RTT+文件发送时间



2️⃣示例：假设`www.xjtu.edu/dxxb/home.index`包含10张JPG+HTML文件，11个对象同在一服务器

过程为：

1. HTTP客户端：在端口80发起连接`www.xjtu.edu`的TCP连接
2. HTTP客户端：向服务器发出HTTP请求报文(包含路径名`/dxxb/home.index`)
3. HTTP服务器：收到请求，从磁盘找出对象`home.index`并封装为响应报文，通过套接字发出
4. HTTP服务器：其服务进程通知TCP断开TCP连接
5. HTTP客户端：完整收到报文后，断开TCP连接

`home.index`是HTML文件(包含十张图片的索引)，根据索引再重复1-5来请求图片，共11次TCP连接

3️⃣弊端：传输每个对象需要2RTT，浏览器总要打开并行TCP连接来获取对象

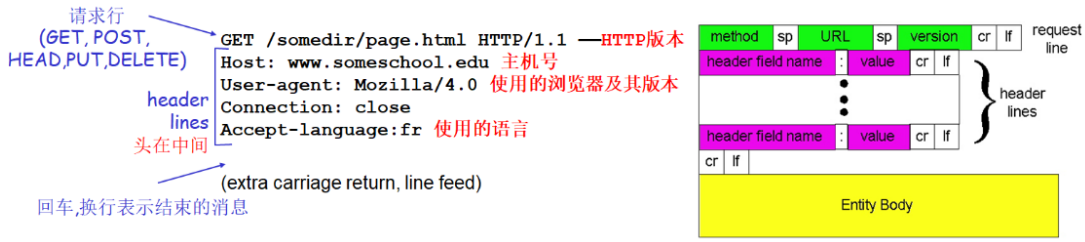
2.2.2. 持续的HTTP

1️⃣含义：建立一次TCP可以发送多个对象，初始对象需要2RTT/后续就只要1RTT了

2️⃣实现方式

1. 服务器发送响应后保持连接打开，通过打开的连接传输后续HTTP消息
2. 客户端一遇引用的对象就发送请求

2.3. HTTP报文格式：开始行+首部行+实体主体



分为HTTP请求/响应报文，区别在于开始行为请求行/响应状态行

2.4. 用户和服务器的交互：Cookie

1️⃣cookie是什么：存储在客户端本地的小文件，用于保存身份验证/用户偏好

2️⃣cookie的四个组件：

1. 首部行cookie：在HTTP请求/响应报文的首部行中，都会有一行cookie
2. 用户端的本地cookie：由浏览器管理，必要时发给服务器
3. Web站点后端数据库的cookie：保存用户的身份信息/偏好/使用历史

3️⃣示例：以使用Chrome访问https://pornhub.com/为例

首次访问https://pornhub.com/网站

1. https://pornhub.com/的Web站点：生成唯一识别码`<xxx>`，以此为索引项在后端数据库建立表项
2. https://pornhub.com/服务器：给Chrome响应一个HTTP报文(包含`Set-Cookie:<XXX>`首部)
3. Chrome：看到返回的`Set-Cookie:<XXX>`后，在特定cookie文件加一行

```
<xvideo主机名> <识别码aaa>
<missav主机名> <识别码bbb>
....新增以下....
<pornhub主机名> <识别码xxx>
```

继续访问https://pornhub.com/网站

1. 每请求一个Web页面，浏览器就查询Cookie文件
2. 抽取pornhub的识别码→将pornhub项加到HTTP请求报文的Cookie首部

再次访问https://pornhub.com/网站

1. Chrome：在请求报文中放入cookie首部行
2. https://pornhub.com/服务器：会记住你喜欢看的猫娘

2.5. Web缓存&代理服务器

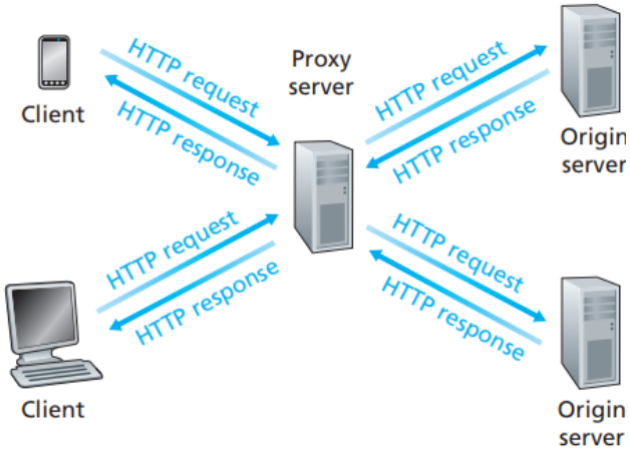
2.5.1. Web缓存概述

1️⃣目的：减少客户端全球时间，节省流量

2️⃣示例：假设Chrome请求xjtu.edu/temp.gif

1. 浏览器：建立xjtu.edu$\overset{TCP}{\longleftrightarrow}$Web缓存器
2. Web缓存器：检查内部是否有temp.gif副本
   - 有：将副本$\xrightarrow[\text{返回给}]{HTTP\text{响应}}$Chrome
   - 没有：缓存器建立一个新的TCP连接，通过新连接获取该对象副本，再返回给Chrome

3️⃣Web缓存类型：代理Cache，客户端/服务端Cache，分布式Cache



2.5.2. 代理Cache

1️⃣目的：不涉及源服务器条件下，满足客户需求

2️⃣工作机理

1. 用户设置浏览器：通过缓存访问Web
2. 浏览器：将所有HTTP请求发往代理缓存，缓存中有所需对象则直接访问缓存，没有的话再访问源服务器

⚠️访问代理获得服务的速度，远快于访问源服务器

2.5.3. 客户端Cache

1️⃣客户端Cache的形成：代理服务器将对象发浏览器时，浏览器会在本地缓存该对象+最后修改日期

2️⃣何时使用本地Cache：再代理服务器中的对象被修改前，都是用本地缓存的对象

3️⃣如何知道代理服务器的的对象是否被改：条件GET方法，条件GET报文满足

1. 请求报文使用GET请求报文
2. 请求报文包含If-Modified-Since首部

2.5.4. 分布式Cache

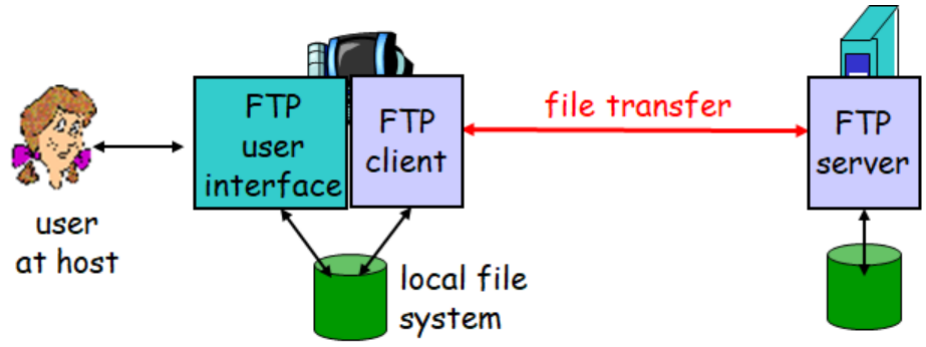
缓存间互相合作，改缓存中无访问的对象→访问其邻居，邻居都没有→才访问源服务器

2.5.5. 服务器Cache

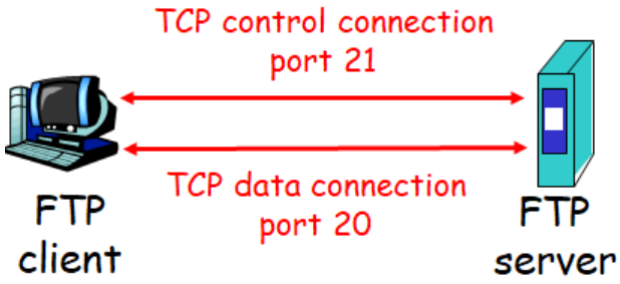
多服务器集群，内容可相同/不同，通过其中的轻载服务器(缓存)响应HTTP请求，广泛采用

3. Email

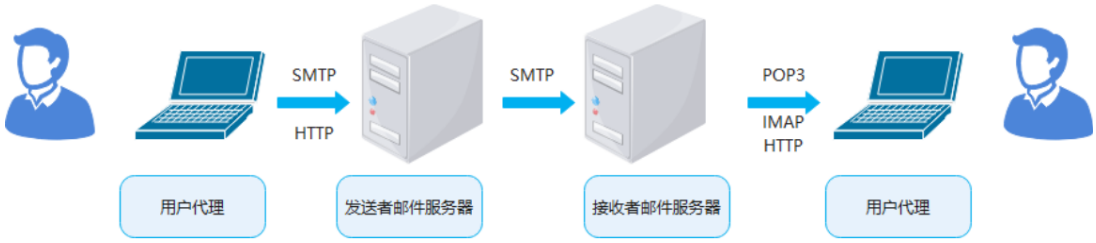
3.1. FTP(File Transfer Protocol)



1. 概述：作用是向主机传文件，采用C-S模式，FTP的端口号是21(用于连接控制)
2. 两种连接：控制连接(21, 用于传输控制命令)，数据连接(20, 传输实际的文件内容)



3.2. Email组成



3.2.1. 用户代理

1. 比如Outlook/Gmail/Apple-mail
2. 供用户读/写/发邮件，将邮件发往服务器的外出报文队列/从服务器中取邮件

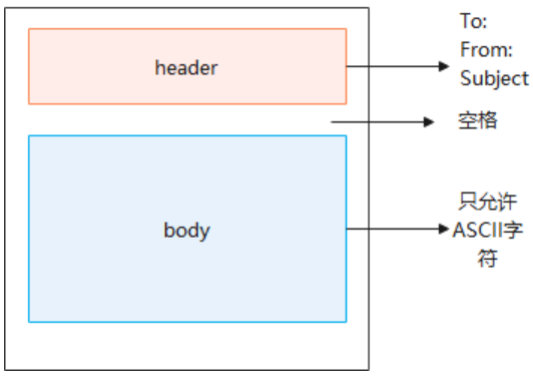
3.2.2. 邮件服务器(核心)

1. Email一般过程：发送方代理→发送方邮件服务器→接收方邮件服务器→分发给接收方代理
2. Email不成功时：报文还在邮件服务器的报文队列中，多次尝试，再不济就删除并通知发送方

3.2.3. SMTP(简单邮件传输协议，端口号25)

1. 功能：客户端$\xleftrightarrow[TCP]{\text{输邮件消息}}$服务器，发送服务器$\xleftrightarrow{\text{直连}}$接收服务器
2. 特点：运行在邮件服务器上，邮件内容只能是ASCII字符

3️⃣ SMTP报文格式



4️⃣ SMTP vs HTTP

1. 二者都是主机-主机传文件，都是用持续的连接
2. HTTP是拉协议(TCP连接由接收端发起)，SMTP是推协议(发送端发起)
3. HTTP一个对象就一个报文，SMTP所有对象塞一个报文里

5️⃣ 非ASCII邮件的扩展：MIME(多用途互联网邮件扩展)

3.3. 邮件访问协议：服务器→代理

1️⃣ POP3(端口110)：第三方邮局协议，内容为授权+下载，是无状态的

2️⃣ IMAP(端口143)：邮件访问协议，保持用户跨会话的状态(有状态的)

3️⃣ HTTP：如Gmail

4. DNS

4.1. 概述

1️⃣ 背景：主机除可用IP&域名标识，如我的域名xjtu.co.uk也是76.223.105.230，主机$\overset{\text{多对多}}{\longleftrightarrow}$IP

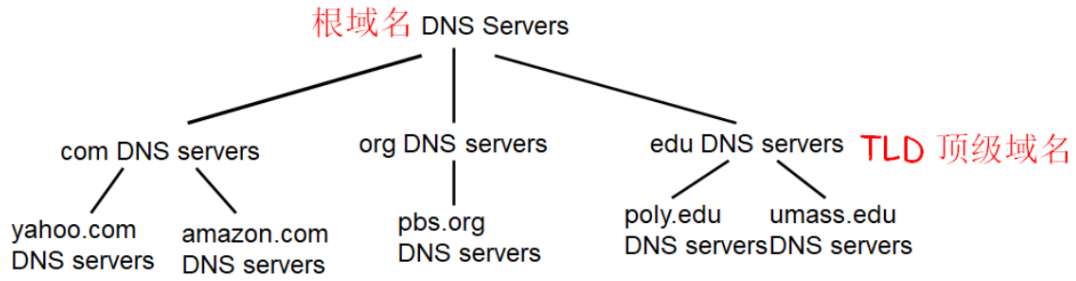
2️⃣ DNS什么是：由分层DNS服务器实现的分布式数据库，也是供主机查询分布式数据库的应用层协议

3️⃣ DNS运行在UDP上，端口53

4️⃣ DNS提供什么服务?

1. 主机(别)名—IP的转换
2. 邮件服务器的别名，如DNS会将发给dann_hiroaki@ieee.org的邮件指向IEEE的邮件服务器
3. 负载分配：
   - 例如ieee.org运行在多个服务器上，对应多个IP，则DNS数据库会存储ieee.org的所有IP
   - 客户端请求ieee.org时，DNS按一定顺序返回其所有IP，客户端选择最前排的IP响应

4.2. 分布式分层数据库



1️⃣根域名服务器：管理所有顶级域名，不直接将域名转为IP，而是告诉本地域名服务器该去找哪个顶级域名服务器

2️⃣顶级域名服务器

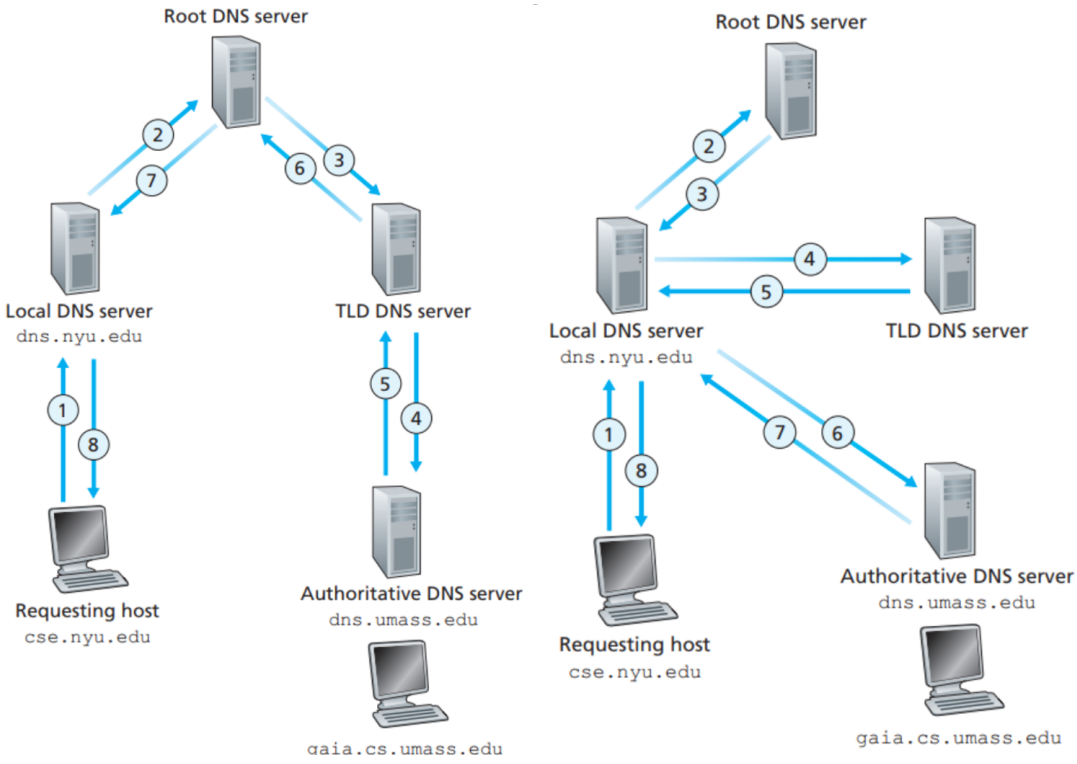
3️⃣注册DNS服务器：不欠费就一直会记住你的域名，负责一个区

4️⃣本地域名服务器：不在图中，一般和主机在同一个局域网

4.3. DNS域名解析

1️⃣查找过程：主机先递归查询本地域名服务器，没查到则再以DNS客户身份迭代查询其他域名服务器

2️⃣两种查询方式：以在纽约大学查询Massachusetts大学为例



1. 递归式(深度优先)：左边，本地域名服务器只向根域名服务器查询一次
2. 迭代式(广度优先)：右边，根域名服务器收到本地域名服务器请求，返回IP/下一步要查哪个服务器

3️⃣补充：

1. 由于底层及DNS服务器缓存的存在，跟服务器基本被绕开了
2. 实际上经常两种查询方式一起使用

4.4. DNS记录和报文

1️⃣ RR：即资源记录，存储在DNS服务器，格式为`<Name，Value，Type，TTL>`，具体含义见下

1. TTL：记录存在的生命周期
2. 其他：见下表，注意ieee.org的邮件其实使用的是Gmail，这点在MX里体现

Type	Name(实例)	Value(实例)	说明
A	主机名(xjtu.co.uk)	IP(76.223.105.230)	主机名到IP的映射
NS	域名	可获得该域IP的DNS主机	用于DNS查询
CNAME	主机名	规范化的主机名	查找规范主机名
MX	邮送域(ieee.org)	邮件服务器的规范主机名(gmail.com)	

2️⃣ DNS协议报文：注意前12字节是报头

5. 搜索引擎

1️⃣ www可以视为图：页面是结点/URL是边，URL可以让一个页面跳转到另一个页面，好比两点用边相连

2️⃣ www中页面的索引

1. 关键字：URL
2. 数据结构：线性表(存储URL指针+页面指针)，堆(存储可变长的标题+URL)，HASH表(避免重复访问)

3️⃣ 索引创建过程

1. 广度优先搜索：输入/散列/尝试放入URL，若URL已在表中则处理下个URL，不在的话就访问URL并加入表中
2. 对表中每个URL，提取页面/标题的关键词

6. Socket编程

> 1️⃣ 服务器：要有一个Socket，通过它来收发段
>
> 2️⃣ 客户端：要有一套接字(在本地由端口号识别)，客户端需要知道服务器的IP+Socket端口号