

## 第一章 引言

8. 5 个路由器通过一个点到点子网连接在一起。网络设计者可以为任何一对路由器设置一条高速线路、中速线路、低速线路或者根本不设置线路。如果计算机需要 100 毫秒来生成并遍历每个网络拓扑，试问它需要多长时间才能遍历完所有的网络拓扑？

答：5 个路由器通过点到点子网连接有 10 种可能的线路，每条线路都有高速、中速、低速、不设置 4 种状态，一共有  $4^{10} = 1048576$  种可能，每个网络拓扑需要 100 毫秒来生成并遍历，因此总共需要  $1048576 \times 100 = 104857600\text{ms} = 104857.6\text{s}$ ，约为 29 小时 7 分 37.6 秒。

9. 广播式子网的一个缺点是当多台主机同时企图访问信道时会造成容量浪费。作为一个简单的例子，假设时间被分成了离散的时间槽，共有  $N$  台主机；在每个时间槽内，每台主机试图访问信道的概率为  $P$ 。试问由于冲突而被浪费的时间槽比例是多少？

答：总共  $n+2$  个事件，事件  $1 \sim n$  表示对应主机成功访问信道，未遇到冲突，概率为  $p(1-p)^{n-1}$ ；事件  $n$  表示空闲信道，概率为  $(1-p)^n$ ；

因此由于冲突而被浪费的时间槽比例： $1 - np(1-p)^{n-1} - (1-p)^n$

11. specialty paint 公司的总裁打算与一个本地的啤酒酿造商合作生产一种无形啤酒罐（作为防止乱扔垃圾的一种措施）。总裁告诉她的法律部门调研此事，后者又请工程部帮忙。结果总工程师打电话给啤酒酿造公司讨论该项目的技术问题。然后两位工程师又各自向他们的法律部门做了汇报。然后，法律部门通过电话安排了有关的法律方面的事宜。最后，两位公司总裁讨论了这次合作在经济方面的问题。试问这个通信机制违反了 OSI 模型意义上的哪个多层协议原则？

答：违反了 OSI 模型物理层通信只发生在最底层，不会出现在每一层的协议原则。

16. 一个系统具有  $N$  层协议。应用层产生长度为  $M$  字节的报文，在每一层上加上长度为  $H$  字节的报文头。试问报文头所占的网格带宽比例是多少？

答：报文头总字节数为  $nh$ ，报文总字节数为  $M + nh$ ，因此报文头所占的网格带宽比例是  $\frac{nh}{M+nh}$ 。

20. 当在两台计算机之间传输一个文件时，可以采取两种不同的确认措施。在第一种确认策略中，该文件被分解成许多个数据包，接收方独立地确认每一个数据包，但没有对整个文件进行确认。在第二种策略中，这些数据包并没有被单独的确认，但是当整个文件到达接收方时会被确认。请讨论这两种方案。

答：如果网络容易丢失分组，那么对每个分组进行逐一确认即第一种方案较好，因为此时可以仅重传丢失的分组。

但如果网络高度可靠，选择第二种方案较好，因为在不发生差错的情况下，可以仅在整个文件传送的结尾发送一次确认，从而减少确认次数，节省宽带。

23. 一幅图像的分辨率为  $1024 \times 768$  像素，每个像素用 3 字节表示。假设该图像没有被压缩。试问，通过 56kbps 的调制解调器传输这幅图形需要多长时间？通过 1Mbps 的线缆调制解调器呢？通过 10Mbps 的以太网呢？通过 100Mbps 的一以太网呢？

答：该图像的数据量为

$$1024 \times 768 \times 3 = 2359296B = 18874368b$$

使用 56kbps 的调制解调器大约需要

$$\frac{18874368b}{56000b/s} = 377.04s$$

使用 1Mbps 的调制解调器大约需要

$$\frac{18874368b}{1000000b/s} = 18.87s$$

使用 10Mbps 的调制解调器大约需要

$$\frac{18874368b}{10000000b/s} = 1.887s$$

使用 100Mbps 的调制解调器大约需要

$$\frac{18874368b}{100000000b/s} = 0.1887s$$

34. 到 IETF 的网站 [www.ietf.org](http://www.ietf.org)，了解它们正在做什么。选择你喜欢的主题，写半页针对该问题的报告，并提出自己的解决方案。

答：

**IETF 正在做什么：**

IETF 正在制定自动化网络管理的标准，随着网络规模和复杂度的不断提高，该标准旨在改善并提高网络的管理效率。自动化网络管理的关键是 YANG 数据建模语言，该语言用于对由 IETF 内部开发的网络配置协议（NETCONF）和 RESTCONF 操纵的配置和状态数据进行建模。成功的关键指标是在 IETF 内开展工作的部署。IETF 参与者围绕 RESTCONF 和 NETCONF 等协议进行了教育工作，并帮助开发了诸如 YANG Catalog 之类的工具来支持其工作。放眼未来，IETF 还正在标准化自主网络的协议，该协议旨在使网络能够自我管理，包括自我配置，自我优化，自我修复和自我保护。

IETF 工作组正在开发与物联网在通信和安全方面直接相关的协议。这些协议已被多家公司以及物联网标准组织和联盟所使用，以构建和指定可互操作的系统。由于物联网协议开发和使用的分布式性质，经常需要在从事物联网工作的不同小组之间进行协调。

IETF 有 20 多个活跃的小组主要负责以下工作：实现安全和隐私保护的通信；帮助收集，验证，了解和更新网络端点的状态；和向协议和应用程序提供处理用户，应用程序和设备的身份验证，授权和记帐的方法。

**主题报告并提出解决方案：**

我感兴趣的话题是关于物联网的标准。物联网（IoT，Internet of things）即“万物相连的互联网”，是互联网基础上的延伸和扩展的网络，将各种信息传感设备与互联网结合起来而形成的一个巨大网络，实现在任何时间、任何地点，人、机、物的互联互通。

可以将物联网分为两大类：工业物联网：其中本地网络基于许多不同技术中的任何一种。物联网设备通常将通过全球互联网传输数据，和商业物联网：本地通信通常是蓝牙或以太网（有线或无线）。物联网设备通常仅与本地设备通信。

关于物联网协议，所有 IoT 协议并没有放在 OSI 模型（Open System Interconnection）开放系统互联（物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层）等现有架构模型之上，而是将协议分为以下几层以提供一定程度的组织。

Infrastructure，比如：6LowPAN、IPv4/IPv6、RPL；

Identification, 比如: EPC、 uCode、 IPv6、 URIs;

Comms / Transport , 比如: Wifi、 Bluetooth、 LPWAN;

Discovery, 比如: Physical Web、 mDNS、 DNS-SD;

Data Protocols, 比如: MQTT、 CoAP、 AMQP、 Websocket、 Node;

Device Management, 比如: TR-069、 OMA-DM;

Semantic, 比如: JSON-LD、 Web Thing Model;

Multi-layer Frameworks, 比如: Alljoyn、 IoTivity、 Weave、 Homekit;

关于协议详解, 物联网其实是一个复杂的概念, 里面种类繁多, 常见内容如下:

## 1. Infrastructure

**6LoWPAN:** 6LoWPAN 是低功率无线个人局域网上 IPv6 的首字母缩写。它是 IEEE802.15.4 链路上 IPv6 的适配层。该协议仅在 2.4 GHz 频率范围内以 250 kbps 的传输速率运行。

**UDP (用户数据报协议):** 一种简单的 OSI 传输层协议, 用于基于 Internet 协议 (IP) 的客户端/服务器网络应用程序。UDP 是 TCP 的主要替代方法, 它是现有的最古老的网络协议之一, 于 1980 年推出。UDP 通常用于专门为实时性能而调整的应用程序中。

**uIP:** uIP 是一个开放源代码 TCP / IP 协议栈, 能够与 8 位和 16 位微控制器一起使用。它最初是由瑞典计算机科学研究院 “网络嵌入式系统” 小组的 Adam Dunkels 开发的, 并获得了 BSD 样式许可, 并由众多开发人员进一步开发。

## 2. Comms / Transport

Technology	Frequency	Data Rate	Range	Power Usage	Cost
2G/3G	Cellular Bands	10 Mbps	Several Miles	High	High
Bluetooth/BLE	2.4Ghz	1, 2, 3 Mbps	~300 feet	Low	Low
802.15.4	subGhz, 2.4GHz	40, 250 kbps	> 100 square miles	Low	Low
LoRa	subGhz	< 50 kbps	1-3 miles	Low	Medium
LTE Cat 0/1	Cellular Bands	1-10 Mbps	Several Miles	Medium	High
NB-IoT	Cellular Bands	0.1-1 Mbps	Several Miles	Medium	High
SigFox	subGhz	< 1 kbps	Several Miles	Low	Medium
Weightless	subGhz	0.1-24 Mbps	Several Miles	Low	Low
Wi-Fi	subGhz, 2.4Ghz, 5Ghz	0.1-54 Mbps	< 300 feet	Medium	Low
WirelessHART	2.4Ghz	250 kbps	~300 feet	Medium	Medium
ZigBee	2.4Ghz	250 kbps	~300 feet	Low	Medium

解决方案:

关于如何提高物联网通讯性能, 我觉得应该根据使用的框架和具体的通讯环境、通讯距离来确定。物联网的通信环境有 Ethernet, Wi-Fi, RFID, NFC (近距离无线通信), Zigbee, 6LoWPAN (IPV6 低速无线版本), Bluetooth, GSM, GPRS, GPS, 3G, 4G 等网络, 而每一种通信应用协议都有一定适用范围。AMQP、JMS、REST/HTTP 都是工作在以太网, COAP 协议是专门为资源受限设备开发的协议, 而 DDS 和 MQTT 的兼容性则强很多。

互联网时代，TCP/IP 协议已经一统江湖，现在的物联网的通信架构也是构建在传统互联网基础架构之上。但此协议有安全性不高、性能要求高等缺点。因此可采用 REST/HTTP（松耦合服务调用），以简化互联网中的系统架构，快速实现客户端和服务端之间交互的松耦合，降低了客户端和服务端之间的交互延迟，适合在物联网的应用层面，通过 REST 开放物联网中资源，实现服务被其他应用所调用；CoAP 协议，简化了 HTTP 协议的 RESTful API，CoAP 是 6LowPAN 协议栈中的应用层协议，它适用于在资源受限的通信的 IP 网络；MQTT 协议（低带宽），在低带宽、不可靠的网络下提供基于云平台的远程设备的数据传输和监控等，以更适应于物联网的特点和发展。