

# Computer Networks

## Chapter 2: Physical Layer (Supplement)

(Version March 25, 2019)

Xiao Mingzhong

CIST, Beijing Normal University.

### 铜缆知识 (1/3)

#### □ 导线是连接计算机的主要介质

- 便宜且易于安装
- 较低电阻的铜缆能使电信号传播更远，成为首选

#### □ 导线传输特点

- 导线中传输的电信号会产生电磁波，并在空中传播。当遇到另一根导线时，电磁波会在其中产生一个微小电流。电流强度取决于电磁波的强度以及导线相互间的物理位置。相对另一根导线来说，这称为电磁干扰。
- 两根导线平行靠近时，将在另一根中产生相似信号，除非两线相距较远或是互相垂直。

#### □ 现实问题

- 计算机不能区分正常传输的信号和干扰信号。
- 网络的传输线通常与其它线路平行放置。
- 怎样的连线方式，可以避免电磁干扰破坏或阻止正常的通信？



### 数据传输概述

#### □ 在网络的最低层次上，所有计算机通信都是以某种能量形式编码数据通过传输介质传送而实现

- 称为物理层
- 电流、无线电波、...，计算机硬件实现编解码
- 导线、空气、...

#### □ 物理层功能描述

- 发送0，接收0。
- 发送1，接受1。

#### □ 主要知识内容

- 传输介质 //基于铜线的传输介质
- 数据如何在这种介质中传输 //编码
- 远程数据传输方案



### 铜缆知识 (2/3)

#### □ 双绞线 (twisted pair)

- 每根线的绝缘层用于隔离两根导线 //例：电话线
- 绞在一起可以限制彼此以及阻止其他导线的电磁干扰



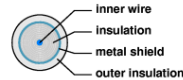
Figure 4.1 Illustration of twisted pair wiring. A plastic coating on the surface of each wire prevents the metal in one wire from touching the metal in the other. The twists help reduce interference.



## 铜缆知识 (3/3)

### □ 同轴电缆 (coaxial cable)

- 抗干扰能力更好,由一根被金属屏蔽层包围的导线组成
- “防外”并“阻内”,因为屏蔽层在各个方向上围绕导线



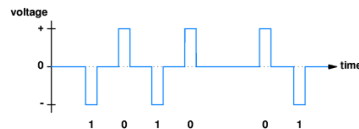
### □ 屏蔽双绞线 (shielded twisted pair)



## 用电流如何发送位串?

### □ 一个简单的方法

- 使用微小的电流编码数据,比如:负电压表示1,正电压表示0;
- 例:为发送0,发送设备在导线上发送一个正电压并保持一小段时间,然后停止(即0v);
- 导线上的电压随时间变化的例子(一个位串被传送)
  - 波形图刻画电信号随时间变化情况
  - 在第四和第五位的传输之间,有一段较长的无信号时间



## 数据是如何在介质中被传输的

- 计算机采用二进制数字表示数据,数据传输就是通过传输介质发送位串。通常,位串被编码成合适的方式以电流、无线电波或光的形式被传送;
- 将阐述电流是如何用来在短距离中传送数字信息,并说明位串是如何编码的,以及用于传送字符的一个工作机制。



## 前述方法的问题

- 保持时间究竟多少为好?
  - 等长了,浪费;
  - 等短了,接收硬件来不及检测出发送的电压。
- 能否在同样的时间内传送更多的数据?
  - 更好编码方法
- 电压变化的最大速率是多少?
  - 与编码方法有关
- 不同厂家的发送和接收设备如何保证协调工作?
  - 通信规格标准化(信号的定时\电压电流的特性以及接口机械定义等)
  - 标准化组织
    - 国际电联ITU,电子工业协会EIA,电子电气工程师协会IEEE等



## EIA的RS-232异步字符传输规程(1/5)

### □ 什么是异步传输（通信）？

- 发送器和接收器之间发送数据前**无需协调**；
- 发送器在发送间隙**可以等待任意长**时间，以便数据准备好后，再发送；
- 接收器在数据到达时，**必须已经准备好**接收数据；
- 异步通信对象键盘那样**并不总是**有数据发送的设备是很有好处的。
- 在异步通信中，接收硬件必须具备**接收并解释**发送硬件本身产生的信号的能力。



## EIA的RS-232异步字符传输规程(2/5)

### □ 标准内容

- 定义在计算机与调制解调器、键盘或终端之类的设备间如何传输字符，通常每个字符由7个数据位组成；
- 包含电气特性说明，如：电压+15v和-15v。//没有0v
- 包含物理连线说明，如：导线长度在50英尺内。
- .....

### □ RS-232是串行的异步通信规程

- 如果数据的各位在（可能是多根）导线上逐位传输，则称为串行通信；  
//使用多根导线，并允许同时在每根上传输1位→并行通信
- 从字符“整体”传输的角度看，满足异步通信的定义。但，一旦开始传输一个字符，发送硬件一次将所有的位全部送出，在位与位之间没有延迟。
- **注意**：当发送器不再发送时，它使导线处于一个负电压状态，而这代表1。  
//编码方式要发生改变了



## EIA的RS-232异步字符传输规程(3/5)

### □ “3电压”到“2电压”转变引发的问题

- 因为导线在各位的传送间隙不再回到零状态（归零），接收器不再能从电压的消失来标记一位的结束和另一位位的开始。
- 如何区分线路的空闲状态和一位真正的1？

### □ 编码方式

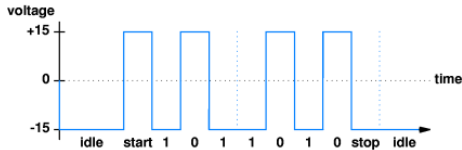
- 每一位电压维持的时间完全一致；
- 当字符的第1位到达时，接收器启动一个计时器，并且使用该计时器定时测量每一个后续位的电压；
- 发送器在传输字符的各位之前先传输一位额外的0，称为**起始位**（start bit）；//开始发送字符的“提示”
- 发送两个字符之间的间隙至少是传输一位所需的时间（那就是说传输一个字符相当于需要9位的传输时间），此位也称为**停止位**（stop bit）；



## EIA的RS-232异步字符传输规程(4/5)

### □ 用RS-232传输一个字符时导线上的电压变化情况

- 起始位通知接收器传输字符开始
- 传输的每一数据位持续同样的时间



## EIA的RS-232异步字符传输规程(5/5)

### □ Summary

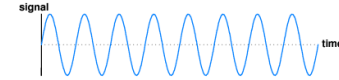
- -15v表示1, +15v表示0。
- RS232是短距离异步串行通信的EIA标准;
- 起始位表征开始传输一个字符;
- 传输每一位都使用相同的时间;
- 字符传输结束后, 至少空闲一个位传输时间。

### □ 注意

- 电流是在一根导线上流出, 在另一根导线上返回。
- 一根用于传输信号, 另一根用于接地。



## RS232的缺陷



### □ 不能用于远距离通信

- 随数据位变化的电流并不能沿导线传输(播)任意长的距离, 受导线电阻的影响, 电流会逐渐减弱以致接收器无法检测到电流, 此种现象称为信号丢失。

### □ 信号长距离传输的理论基础

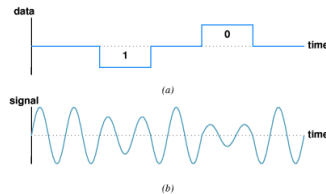
- 一个连续振荡信号能比其它信号传播到更远的地方
- 发送方发送连续的振荡信号, 即使没有数据传输时也是如此
- 这个振荡信号(通常为正弦波)可用于“承运”待发送的数据, 故又称为“载波(carrier)”, 如何承运的方法称为调制。即: 为了发送数据, 发送装置将修改其载波, 这种修改称为调制(modulation)
- 不管信号沿导线、光纤还是无线电频率传播, 发送装置产生一个连续振荡的载波信号, 该信号根据待发送的数据加以调制。



## 调制技术-AM & FM

### □ AM, FM, ...

- 调幅(AM): 根据所发送的数据相应改变载波的强度。
- 调频(FM): 根据所发送的数据相应改变载波的频率。
- 调幅例, 强度降到2/3表示1, 降到1/3表示0



## 远距离传输——租用串行数据线路

### □ 为什么电话公司有这样线路?

- 铺设的电话线缆中, 有的线路未用;
- 允许租借但不买, 费用取决于距离和线路的带宽。
- .....

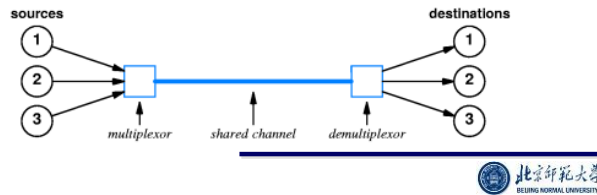
### □ 电信公司租借线路特点

- 一个租借线路通常包括4根线
- 这些线并不与电话系统有何关联, 除了共于一个线缆中外
- 由于被用来传输的位串是一个接一个地, 因此称为串行数据线路或串行线
  - 注: 每个信号表征多个数据位仍是串行通信, 非并行通信。



## 多路复用技术

- 一个物理线路被用来同时传输多路信号的技术
- 频分复用技术 (FDM)
  - 若干个不同载波频率的信号在单一介质上连续传输而互不干扰。
  - 例子：有线电视（频道对应不同的载波频率）
  - FDM技术可用于通过导线、RF或光纤传输信号
  - 实际上，当频率接近或是整数倍的载波还是会相互干扰。解决：频率间隔。从而复用也是有上限的。



## 使用(拨号 Modem+电话线)远距离传输

