

医院护理呼叫通讯系统设计及防冲突算法研究*

林雪明

(宁波大学 科技学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 讨论医院护理呼叫通讯系统的设计和防冲突算法。通讯系统采用 RS485 总线结构, 根据 CSMA/CD 载波监听多路访问 / 冲突检测工作原理, 设计基于“错时退避”策略的延时退避算法和冲突退避算法, 降低再次冲突发生的概率, 数据传输的实时性得到很大地提高。

关键词: RS485; CSMA/CD; 错时退避

中图分类号: TN915

文献标识码: A

An exploration on the design of hospital nursing call communication system and the anti-collision algorithm

LIN Xue Ming

(College of Science & Technology, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The paper presents and discusses the design of hospital nursing call communication system and the anti-collision algorithm. RS485 bus architecture is applied to the communication system. According to the CSMA/CD carrier sense multiple access/collision detection principles, the design is on the basis of the “time difference backoff” strategy — both the delay backoff algorithm and the conflict backoff algorithm, aiming to reduce the probability of occurrence of conflict once again and to improve the real-time performance of data transmission.

Key words: RS485; CSMA/CD; time-difference backoff

医院护理呼叫系统是传输临床信息的重要手段, 是提高护理人员的工作效率和保证医院服务质量的有效途径, 也是提高医院信息化管理水平的重要措施。本系统采用模块化设计, 具备易操作性、易维护性、易扩展性等特点。系统采用三层结构, 分别是后台服务器层、护士工作站层和病区呼叫系统层。病区呼叫系统由一台主机和多台分机组成, 采用 RS485 通讯总线相连, 实现各种病房呼叫信息、卫生间呼叫信息和电生理检测数据的采集, 并通过主机和护士工作站连接。护士工作站由普通 PC 机组成, 其功能是响应和处理各类呼叫信息。后台服务器和护士工作站之间采用通用以太网连接, 呼叫和处理信息可以以电子文档形式存储在后台服务器中。本文主要讨论病区呼叫系统的通讯系统设计。

1 通讯系统体系结构

一个病床呼叫分机管理一间病房的呼叫信息, 包括卫生间呼叫和病床呼叫等。每个呼叫点均有呼叫按钮、取消按钮和 LED 指示灯。呼叫分机还留有电生理信息标准接口, 可以连接心电图仪、呼吸机和血压仪等生理检测设备, 以监视和记录病人的生理信息。病区呼叫系统主机放置在护士工作站内, 负责整个系统的控制与通信。呼叫主机一边将病房的呼叫信息传输到 LED 显示屏上并蜂鸣提醒, 一边把呼叫信息传输到 PC 机。系统为护士工作站 PC 机提供良好的人机界面, 可以向医护人员显示系统的工作状态, 病员的基本医疗信息和呼叫信息以及一些基本的处理数据功能。

病区呼叫系统结构如图 1 所示。病区呼叫系统主机和病房呼叫系统分机以 MCS-51 单片机为主控制器, 分机

* 基金项目: 浙江省教育厅资助项目(项目编号: Y200422183)

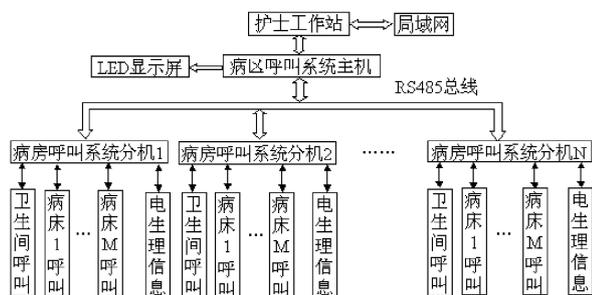


图1 病区呼叫系统结构图

之间通过 RS-485 通讯总线相连。RS-485 是美国电气工业联合会(EIA)制定的利用平衡双绞线作传输线的多点通讯标准,它采用差分信号进行传输,具有传输速率高、传输距离远、可靠性高、扩展容易等特点。RS485 通讯器件采用 MAX487-CP, MAX487 是 MAXIM 公司生产的用于 RS485 和 RS422 通信的差分总线小功率收发器,它含有一个驱动器和一个接收器,具有驱动器/接收器使能功能,输入阻抗为 1/4 负载,总线节点数为 128,即每个的驱动器可驱动 128 个标准负载。MAX487 的驱动器设计成限斜率方式,使输出信号边沿不至于过陡,以避免在传输线产生过多的高频分量,从而有效扼制了干扰现象。

系统通讯的数据帧格式参考 MS/TP 协议标准,具体设计如下:

同步码	帧类型	目的地址	源地址	头部CRC	数据	数据CRC
-----	-----	------	-----	-------	----	-------

前同步码 2 字节: 55H, 0FFH; 帧类型 1 字节; 目的地址 1 字节; 源地址 1 字节; 头部 CRC 1 字节; 数据 8 字节; 数据 CRC 2 字节。一帧数据共 16 字节, 128 位。

2 基于“错时退避”策略的防冲突算法

在一台病房分机请求发送数据的同时,另一台病房分机请求发送数据,或在一台病房分机在发送数据的过程中,另一台病房分机请求发送数据,都就会造成通讯冲突。为了防止因通讯冲突而造成的数据传输错误,本系统参考 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access /Collision Detect)技术。CSMA/CD 即载波监听多路访问/冲突检测,它的工作原理可用 8 个字来表示:“先听后说,边听边说”。病房呼叫分机在发送数据前,先检测信道是否空闲,若空闲,则发送数据。在发送数据的同时,仍继续监听信道,以检测是否存在冲突。一旦检测到冲突,就立即停止发送,并向总线上发一串阻塞信号,通知总线上其他各有关站点停止数据传输。这样,通道容量就不致因白白传送已受损的帧而浪费。CSMA/CD 的工作流程如图 2 所示。

一般而言,普通网络上传输的信息量比较大,因此,普通网络追求的是信道的使用率和信息的吞吐量。生理呼叫系统的传输信息量很小,系统要求的是信息传输的实时性,同时又互不干扰。要解决这个问题,必须尽可能避免重复冲突现象的发生。即要求如果发生

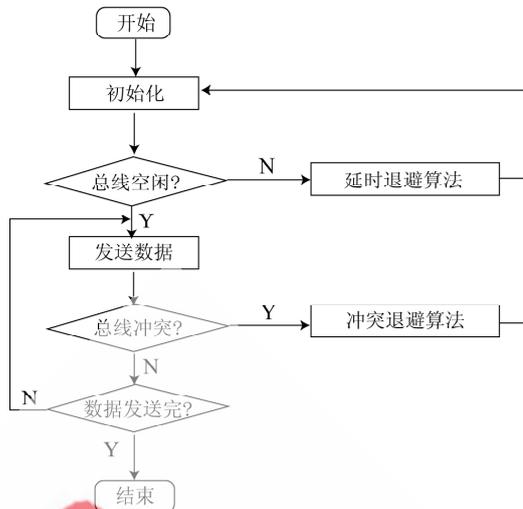


图2 CSMA/CD 工作流程

多台通讯冲突现象,各分机的退避时间应不同。本文分别讨论的延时退避算法和冲突退避算法有“错时退避”的特点,能有效地解决重复冲突问题。

2.1 延时退避算法

系统采用“先听后说”的工作方式,分机在发送呼叫信息前,先监听信道状态。如果信道忙,说明有其他分机正在占用信道传输数据。根据前述数据帧格式,一帧数据共 128 位,一台分机传输数据所需的时间为: $T=128 \text{ bit}/\text{波特率}$ 。

因此,本次数据传输还需占用 0 到 T 的信道时间。为了避免同时监听到信道空闲而发生的冲突现象,各分机采用下列延时退避公式决定延时监听时间:

$$t_i = \frac{T}{n}(i+1-E \times i) \times \text{rand}(0,1) \quad (1)$$

上式中, t_i 为第 i 台分机的延时时间, n 是分机的总台数, $\text{rand}(0,1)$ 为一个 0 到 1 的随机数, E 是应急呼叫设置位(若为应急呼叫,则设置 E 为 1)。系统将卫生间呼叫默认设置为应急呼叫,一些重症病人的呼叫也可由系统呼叫主机设定设置为应急状态。

分机 i 以 t_i 的间隔时间监听信道,当监听到信道处于空闲状态时,即可进行到工作流程的下一步。

2.2 冲突退避算法

尽管系统采用“先听后说”的工作方式,但也可能发生两个站点因同时监听到信道空闲而同时发送数据的现象,即发生通讯冲突。检测通讯冲突的方法是:发送数据的呼叫分机将接收到的信息与原来发送的信息逐个比特位进行比较,如果两者一致,说明没有冲突;如果两者不一致,则说明发生了冲突。

造成这种通讯冲突的原因与信号在信道上的传播时延有关。传播时延是信号由信道上的一个站点传播到另一个站点的时间,信息传播时延可由式(2)计算:

$$t_p = \frac{\text{两站点的距离 (m)}}{\text{信号传播速度 (200m/\mu s)}} \quad (2)$$

设 A、B 是系统中的两台呼叫分机，它们之间的传播时延是 t_{pab} 。分机 A 检测到信道空闲后，就发送数据；分机 B 在分机 A 开始发送数据的 $(0, t_{pab})$ 的时间内检测信道，由于信号还没有传播到分机 B，因此分机 B 检测到信道状态仍处于空闲状态，分机 B 也发送数据，造成通讯冲突。分机检测到通讯冲突后，立即停止发送，并向总线上发一串阻塞信号，用以通知总线上其他各有关站点退避。冲突退避时延采用式(3)计算：

$$t_j = t_{p\max} (j+1 - E \times j) \times [\text{rand}(0,1) + 1] \quad (3)$$

上式中， t_j 为第 j 台分机时延检测时间， $t_{p\max}$ 为任意两个站之间的最大传播时延，由公式(2)计算得到。 E 、 $\text{rand}(0,1)$ 的含义同式(1)。

无论是(1)式还是(3)式， $i(j)$ 值小的分机先检测信道，在数据传输比较繁忙的时段， $i(j)$ 值大的分机总是要持续一个较长的时延才能检测信道，这就会造成系统中各分机竞争不均衡的现象。为了避免这种现象，我们将 $i(j)$ 设置为分机检测总线的优先级别，并把系统设置成优先级循环的工作方式。初试状态， $i(j)$ 的值为分机编号，优先级分别为 1、2、……、 n 。当优先级为 k 的分机传输数据后，系统主机将原来优先级为 $k+1$ 至 n 的分机的优先级分别设置为 1 至 $n-k$ ，将原优先级为 1 至 k 的分机的优先级设置为 $n-k+1$ 至 n 。

2.3 退避算法性能分析

医院护理呼叫系统的信息传输量很小，追求的是呼叫响应时间。为此，我们假设出现最不利的情况来分析本文算法的性能：系统共有 64 台分机，设在一台分机刚开始传输数据时，其它 63 台分机同时申请传输数据。那么，传输 64 台分机的数据的总时间 t 为：

$$\begin{aligned} t &= n \times T + \sum_{i=1}^n \max(t_i) + \sum_{j=1}^n \max(t_j) \\ &= n \times T + \sum_{i=1}^n \max\left(\frac{T}{n}(i+1 - E \times i) \times \text{rand}(0,1)\right) \\ &\quad + \sum_{j=1}^n \max(t_{p\max} (j+1 - E \times j) \times [\text{rand}(0,1) + 1]) \end{aligned}$$

(上接第 41 页)

成向 FPGA 的配置下载过程。整个设计思路灵活，图形界面简单直观，开发周期短。仿真结果表明，该设计方案原理正确，行之有效。根据 Nyquist 定律，只要输出信号的最高频率分量小于或等于 $\text{fc}/2$ ，就可以实现。而实际中由于受 LPF 设计及杂散分布的限制，仅能做到 40% 左右。所以采用 DDS，可合成几乎从直流到 0.4 fc 的频率。且在系统晶振频率一定的情况下，系统时钟可用 FPGA 内部的锁相环进行倍频、分频，以实现载波频率的任意调整。

$$= n \times T + \sum_{i=1}^n \frac{T}{n}(i+1) + \sum_{j=1}^n t_{p\max} (j+1) \times 2 \quad (4)$$

上式中，第 1 项为 n 台分机的数据传输时间，第二项为每台分机检测总线延时退避空闲间隔的最大值之和，第 3 项为每台分机冲突退避空闲间隔的最大值之和。

设 $t_{p\max} = \frac{1200\text{m}}{200\text{m}/\mu\text{s}}$ ，将相关的数据带入(4)式，得 $t = 0.3\text{s}$ ，完全能满足医院护理呼叫的时间响应要求。

CSMA/CD 技术及相应的退避算法能有效地解决普通网络信道占用冲突的退避问题，从而提高信道的使用率和信息的吞吐量。但小型的自组织网络的信息吞吐量往往不大，因而信道的使用率和信息的吞吐量不是系统追求的主要目标。对于一些信息传输实时性要求比较高的自组织网络，如何及时传输信息是提高系统性能的关键因素。医院护理系统中的通讯系统采用 RS485 总线结构，参考 CSMA/CD 构建载波监听多路访问/冲突检测工作原理，设计基于“错时退避”策略的延时退避算法和冲突退避算法，有效地降低信道争用的冲突问题。特别是处理信道争用二次冲突方面，与一般的 CSMA/CD 退避算法比较，有着明显的优势，从而大大提高了信息传输的实时性。论文中的算法已应用于多家医院和养老院的护理呼叫系统中，性能可靠，达到预期的技术指标要求。

参考文献

- [1] 黎琼,徐海峰.智能家居中红外控制系统通讯协议分析[J].微计算机信息(测控自动化),2007(1).
- [2] 刘宏立,段正华.具有动态分配重传策略的CSMA/CD访问协议性能分析[J].通信学报(计算机通信专集),1998.
- [3] 郑德华,陶继伟.RS-485通讯协议在集散控制系统中的应用[J].中国仪器仪表,2005(9).
- [4] 刘宏立,童调生,段正华.CSMA/CD/RR协议模型分析及其在以太网中的应用[J].长沙湖南大学学报(自然科学版),2000(6).

(收稿日期:2008-12-31)

参考文献

- [1] 张学平,王应平,邹传云.基于FPGA的OQPSK解调器的设计与实现[J].微计算机信息,2005,23(1).
- [2] 郭培源,李焕杰.基于FPGA的QPSK调制设计与实现[J].北京:北京工商大学学报(自然科学版),2004,24(03).
- [3] 王亮兴,达新宇.数字通信原理与技术.西安:西安电子科技大学出版社,2003.
- [4] 潘松,黄继业.EDA技术与VHDL.北京:清华大学出版社,2007.

(收稿日期:2008-12-01)