

一种分布式计算机测控系统的通信方案设计

张颖 杨乔林 (中科院计算所 100080)

摘要:本课题研究的是分布式测控计算机系统通信子网的一种实现方案。采用总线型网络拓扑结构和 Token Passing Ring 介质访问控制方法。本文重点阐述了帧的格式和实现网络控制的数据结构、协议和算法等。其中较为详细地介绍了邀请入环策略、环网寻址方式以及数据的维护策略,并对环网的性能在理论上作了一点探讨。

关键词:单片机 分布式系统 令牌总线网 协议

一、通信方案设计

1. 时序关系

本通信系统在数据链路层采用 Token Passing Ring 介质控制访问方案,令牌按逻辑环顺序传递,只有获得令牌的节点才能有权在令牌执有时间内使用总线发送数据。令牌执有时间是固定且相等的,这样在环网不发生变化和故障时,正常通信的时序关系见图 1。图中的 1、2、3、4 分别代表四个节点。其中节点 1 在 $[t_0, t_1]$ 与 $[t_4, t_5]$ 期间内执有令牌,在其余时间内不持有令牌。在不执有令牌期间,CPU 可以执行用户程序和用户任务。

definition 1: Token 执有时间是固定的,与节点个数及哪个节点执有 Token 无关。Token 轮转一周的时间等于 $\text{Token 执有时间} \times \text{节点个数}$ 。Token 监视周期 = $\text{Token 执有时间} \times (\text{环网节点个数} + 1)$ 。

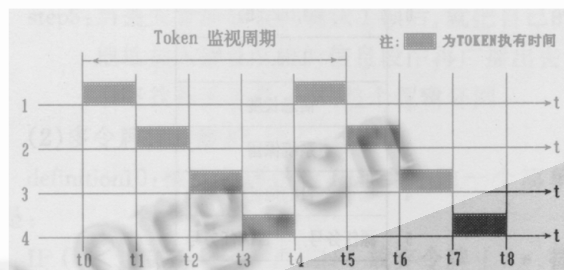


图 1 环网的正常运行状况

2. 通信模块的功能

通信模块是一个与操作系统内核各模块紧密相关的一个系统模块,但它只是处于被调度的地位。操作系统对于通信模块的调度由相应的硬件中断及操作系统提供

的系统功能调用触发而激活。其中的硬件中断的中断源有两个:定时器与 SIU。当应用程序要发送数据给环网内其他节点时,只能通过系统功能调用与任务调度模块,来启动通信模块进行通信。在网络工作过程中,通信模块可能处理的问题大致可以分为三类:竞争建环、正常运行及网络维护。

3. 通信规程

本系统的数据链路规程是基于 IEEE 的 802.4 令牌传递总线访问控制方法。环网中各节点无优先级之分且都选择自动的工作方式。

0	Link (H)	
1	Link (L)	
2	信息长度	
3	系统保留	
4	目的地址	
5	源任务号	目的任务号
6	命令	
	数据	

图 2 信息格式

(1)帧格式。一个标准的 SDLC 帧包含五个基本段:标志段、地址段、控制段、信息段和帧校验序列。由于本系统采用的是令牌总线的方案,从而摒弃了点-点或点-多点的主从式的 SDLC 协议,而由我们自己制定了新的协议,放弃控制段,采用非自动模式,由信息段的前几个字节来表达无控制段非自动方式帧的控制信息,从而扩展我们自己需要的控制功能,实现令牌总线型的介质访问控制方式。为满足本系统的需要,我们总结出了以下几种帧格式、信息帧、邀请帧、竞争帧、联络帧、同步帧、变量登记帧、错误反馈帧、询问帧、确认 1 帧、确认 2 帧、主动退环帧、令牌、邀请令牌及扩展帧等。

(2)数据结构。通信方案的实现需要有数据结构的支持。本系统中支持协议与算法的数据有:全局性变量、历史性变量、状态变量、变量登记表、错误校对表、误帧登记表及发送队列等。

(3)信息规程。本系统采用图 2 所示的信息格式。其中的节点地址指出本节点数据发往节点的地址,它的值为 1-255。如果节点地址为 0,表明在同一节点

内的各任务之间传送信息。

二、协议及算法

1. 竞争建环

采用 LBT(Listen Before Talking) 方法,时序图见图

3。

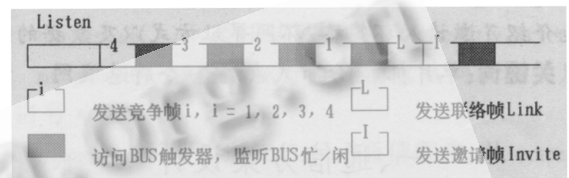


图 3 竞争建环时序图

准备建环(指逻辑环,下同)或入环的节点采用竞争方式,节点参加竞争的机会只有两个:一是无环时的建环;另一个是网存在情况下的邀请入环。

(1)竞争建环。竞争建网过程是由各站点发出竞争帧实现的。

definition2:整个环网按地址由高到低的顺序链接而成,但地址不一定是连续的。

definition3:竞争帧信息段长度 = $a_{i-1} - 1 \times \text{时间片}$; $i = 1, 3, 5, 7$ 。其中, $a_7 a_6, a_5 a_4, a_3 a_2$ 及 $a_1 a_0$ 指代 8 位 STAD 信息的四个片段。

definition4:响应邀请的节点地址 ADDR 与发邀请者的节点地址 ADDR0 及其后继节点地址 SUCADDR0 必须满足以下两个条件中的一个:

condition1: $ADDR0 > ADDR > SUCADDR0$

condition2: $ADDR > SUCADDR0 > ADDR0$

definition5:当环网个数尚未达到要求数目而环网中以无响应邀请的节点时,应对环网进行维修处理。

(2)竞争入环。

definition6:令牌每绕环转一圈都要使一个且只有一个环内节点具有邀请机会且只能邀请一个节点。

definition7:具有邀请机会的节点具有邀请令牌;反

之具有普通令牌。

definition8: 只有收到邀请令牌的节点才能发出邀请帧且只能邀请一个环外要求入环的节点。

definition9: 令牌绕环一周的时间 = 令牌执有时间 × 节点个数 + 邀请一个节点入环时间。

2. 正常运行

(1) 数据接收。数据的接收应针对不同的帧及收到数据节点自身的身份作不同的处理。在正常运行时, 非令牌执有节点可能收到的帧有: 令牌、邀请令牌、邀请帧、竞争帧、联络帧、变量登记帧、错误反馈帧、同步帧、主动退环帧及信息帧等。而节点本身可能有的身份是: 令牌、邀请令牌执有者、邀请者、令牌监视者、环外不要求入环者及环外要求入环者。

(2) 数据发送

① 数据发送

在数据发送阶段, 首先要确定环网寻址方式、建立变量登记表以及完成帧的封装。通过远程访问控制任务(RAC)为各用户任务执行远程通信服务及进行存储器和I/O等各种控制操作。

发送数据要根据不同的节点身份进行不同的处理。节点可能有的身份是: 令牌、邀请令牌执有者、邀请者、TOKEN 监视者、发现者、确认者、环外要求入环者。

在令牌总线型的介质访问控制方式中, 只有令牌(包括邀请令牌, 下同)执有节点才有发送数据的权利, 而非令牌执有节点都不能发送数据。而 8031 用户程序则是以邮政信箱方式与 8044 上的通信模块通信的。

② 发送数据的维护策略

step1: 如果以往收到误帧, 每个令牌执有节点发出的前几帧必须是错误反馈帧;

step2: 建立两个发送队列: 待发数据队列与已发数据队列;

step3: 把所有其他节点发送来的错误反馈帧综合起来形成一个错误校对表;

step4: 根据自己收到的其他节点的出错帧形成错误反馈帧;

step5: 一旦执有令牌, 就首先发送出错误反馈帧。然后将错误校对表与已发数据队列进行比较, 表上有名的帧就重发并从错误校对表中

删去相应项, 表上无名的则从已发数据队列中删除, 直到错误校对表处理结束。

3. 维护

(1) 令牌丢失错的维护

step1: 确定发现者。通过设置定时器及定时器溢出来发现令牌丢失并确定发现者;

step2: 确认发现者;

step3: 发现者以点-点的方式发出询问帧与确认者对话, 同时启动定时器监督确认者;

step4: 确认者以广播方式发送确认 1 帧寻找丢失者前导。

step5: 当丢失者前导收到确认 1 帧后, 就把自己的站地址加入确认 2 帧的信息段中再广播出去, 以最终找到丢失者, 修改整个逻辑环网。

(2) 多令牌错的维护

definition10: 检验令牌是否提前到来的一个简单公式是:

IF ($t < \text{TIME} - \delta$) THEN { 放弃令牌 } /* 提前收到令牌 */

ELSE { 执有令牌 } /* 正常收到令牌 */

其中, t 是收到令牌时定时器的实际时间; TIME 对无邀请标志的节点来说就是令牌绕环一周的时间, 对有邀请标志的令牌来说就是令牌绕环一周时间减去邀请一个节点入环的时间; δ 是校正值, 允许令牌到来有一个时间容限。

definition11: 如果某节点发现提前到达令牌, 则丢弃之。

step1: 通过令牌提前到来发现多令牌;

step2: 丢弃提前到达的令牌;

step3: 转入令牌丢失处理或正常运行。

(3) 退环处理

definition12: 主动退环是指在正常运行过程中网中某节点主动要求退出环网; 被动退环是指环网内某一节点发生了硬件故障而被其他的环内节点宣布退环; 或是某一节点在未经宣布退环而在物理上业已与总线隔离开了。

strategy1: 节点以广播形式发出主动退环帧, 通知所有环网中的节点来主动退环;

strategy2: 转入令牌丢失情况作被动退环处理。

三、评价与可扩展性

1. 容错能力

首先,考虑到两个以上节点同时出错的概率远小于一个节点出错的概率,我们制定的协议有其实用价值。其次,在系统运行过程中所有可能出现的错误都是可以相互转化的。最后,历史性数据作为保存节点在环网运行中节点可能出现错误种类及次数的依据显得尤为重要。

2. 时间容限

外同步方式下,SIU环状通信的最大传输速率为1Mmps,传输一位的时间为 $1\mu\text{s}$ 。MCS-51指令系统中的111种指令中,单机器周期指令64,双机器周期指令为45种,4机器周期指令2种。在12MHZ晶振的条件下,分别为1、2和 $4\mu\text{s}$ 。设每种指令的出现概率相同,我们有:

表1 系统参数

令牌执有时间	1				
执行指令数(平均)	680				
传输位数(bit)	1000				
每帧字节数(byte)	32				
令牌执有时间中最多传输的帧数	3				
令牌执有	传输帧数	0	1	2	3
时间内	执行指令数	680	490	320	150

指令的平均执行时间 = $(64 + 2 \times 45 + 4 \times 2) / 111 = 1.5\mu\text{s}$, 设令牌执有时间为1ms, 见表1。

表1表明:

1. 在一个令牌执有时间内最多可以传送3帧, 每帧长32bytes。这完全满足维护环网的要求。

2. 在一个令牌执有时间内, CPU平均可以执行680条指令。

3. 设一个令牌执有时间为1ms, 则理想状态下一帧最长为1000bits(125bytes)。

3. 关于协议与算法的评价

我们制定的协议和算法是从环网的建立、维护、正常运行三个方面出发, 考虑到实用性、功能完备性等要求而制定的, 我们把所有可能发生的情况列举出来, 尽可能地归并, 使得时序规整而简洁。

由于时间和空间的限制, 协议所具备的容错能力并不很强, 但是可以保证对一类错误的校正能力和对环网的一定的修改能力, 可以说此协议有一定的实用性和功能完备性。

4. 可扩展性

整个协议只针对所有的无特权的节点组成的分布式系统而制定, 固化于所有节点中的通信程序几乎是相同的。

如果环网的建立、维护及正常运行或其一部分功能均由监控节点来发命令控制。本协议能够提供扩展的余地, 只要利用可扩展帧制定新的帧, 同时制定新的协议即可实现。

四、结束语

本系统旨在使用廉价的单片机构成支持分布式测控的具有较好的性能、价格比的控制网络系统。采用三层并行结构增强了系统的实时能力。充分利用8044的功能构成管理层, 以共享存储器方式与应用层单片机共同构成一个节点。根据实际系统也可以采用其他系列单片机构成应用层, 而无需对管理层结构进行重大修改, 因此, 系统具有较大灵活性。

参考文献

- [1] MCS-51、96系列单片机原理及应用, 孙涵芳, 徐爱卿, 北京航空航天大学出版社
- [2] A. K. SOOD, S. AKHTAR and K. Y. SRINIVASAN, An Extended Token Bus Protocol for Embedded Networks, Computer & Electrical engineering, Vol.14, No. 314, 1993
- [3] Draft IEEE Standard 802.4 Token - Passing Access Method and Physical Lay Specifications, Draft E July 1983

(来稿时间: 1997年5月)