

一个综合话音/数据局域网协议的设计*

吴 筠 张光昭
(无线电电子学系)

摘 要

提出一个分布式的、适合话音和数据综合传输的混合多址存取协议HYCSP.网络可以从一种协议转换到另一种协议工作.通过对数据传输的控制,话音分组的时延被限制在所需上限内.计算机模拟了HYCSP协议传送话音和数据分组的性能.这个协议比其它几种常用协议具有更好的时延和吞吐量特性,它能支持更多的话音站通信.

关键词 话音/数据综合,局域网,CSMA/CD,Scheduled bus 协议

1 引 言

近年来,计算机局域网已逐渐在办公室自动化中得到广泛的应用.综合业务局域网与数据局域网的设计在许多方面有相同之处,但由于要同时处理实时和非实时两类不同特性的信息,综合业务局域网的设计要考虑一些特殊的问题,其中最关键的是话音的实时性.

目前,已提出许多支持话音/数据综合传输的局域网模式,这些信道访问协议大多可归结为两种类型:CSMA/CD^[1]和令牌协议,如令牌环^[2]、令牌总线^[3]、隐式令牌^[4,5]等.CSMA/CD在轻负荷的应用场合,碰撞几率小,具有较短的媒质访问时间,可以获得良好的报文延迟特性.但它不适用于重负荷情况下的实时话音通信.令牌网避免了碰撞,且有限定的信道访问时延,易于提供优先权,容易满足话音的实时性,尤其是隐式令牌网是CSMA/CD协议的变形,具有更高的可靠性,对各类信号都有好的时延性能^[6].但在低负荷时,令牌的传送造成的额外开销较高,故时延特性不及CSMA/CD.

为了利用CSMA/CD可靠性高,技术较成熟,以及在低负荷下性能较好的优点,改善其重负荷性能,限制它的最大报文延迟,使网络满足话音的实时性,本文提出一种新的混合访问协议,即混合CSMA/CD和Scheduled bus协议(Scheduled bus protocol简称SBP),简称HYCSP协议(Hybrid CSMA/CD-Scheduled bus protocol).在低负

本文1989年12月6日收到

•广东省科学基金资助课题

荷时,采用CSMA/CD方式,一旦发生冲突,系统从CSMA/CD工作模式转到无冲突的隐式令牌SBP方式,根据总线上一系列事件的活动来安排顺序发送。在高负荷时一直保持SBP方式。如果网络下降到低负荷时,再转回CSMA/CD方式。因此,HYCSP仅允许分组有一次冲突。计算机模拟结果表明,HYCSP与其它几种常用协议相比,具有更好的报文时延特性和更高的网络吞吐量,与理想协议M/D/1的接近。

2 HYCSP协议

2.1 基本原理

我们提出的HYCSP协议是一种基于总线网的分布式混合控制协议。为实现HYCSP,假设各站点具有如下功能:①所有站点的物理次序与逻辑次序一致;②能够辨认刚发送的站点的编号;③可确认当前网络的工作模式;④采用SBP方式时,有报文等待发送的站 j 在检测到正在发送的站 i 的载波结束标记(EOC(i)))后,能计算出一个函数值 $H_j(i)$,以确定它的发送时间;⑤可以判别冲突的发生和检测信道的空闲/忙碌状态。

现假设总线上连有 M 个工作站,把它们分别按次序编号为 $1, 2, 3, \dots, M$, 设端-端传输时延为 τ 。

我们以一个时空图来标明HYCSP协议中网上的事件是怎样进行的(图1)。其中纵轴 L 代表总线的距离,横轴 t 代表时间的递增,圆点代表发送信息的开始(BOC)和载波的结束(EOC),射线代表信息的传送。

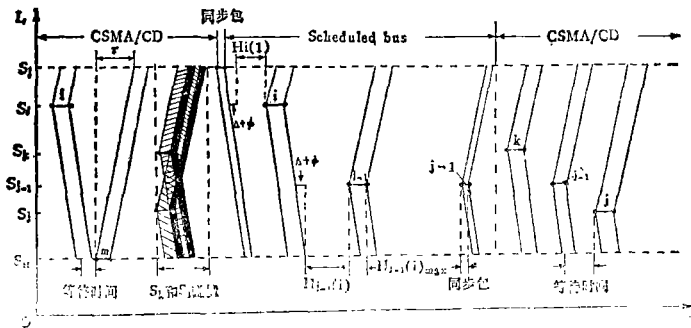


图1 HYCSP 时空图

Fig. 1 HYCSP time-space diagram

HYCSP协议的基本工作过程如下:

(1) 当网络工作在CSMA/CD模式时,某个有信息要发送的站,一旦检测到信道是空闲的,则马上发送,否则等待直到信道空闲再发送。

(2) 如果在发送过程中检测到有冲突发生,发送站停止发送信息,而发冲突加强码加强冲突,除站1外的其它站点则进入一个等待状态。站1在检测到冲突发生后,等待直到信道空闲,然后发送一个模式转换同步包(CSMA/CD→SBP)。其它站收到此包后,转入SBP协议工作模式。

(3) 在SBP方式中,各站依靠一组事件来调度顺序发送,避免了冲突的发生。具

体实现如下：

一个编号为 j 的站 S_j 在准备好信息包后就侦听信道，一旦检测到 S_i 站的载波结束标记 $EOC(i)$ ， S_j 站延迟一个 $H_j(i)$ 长的时间，这时如果信道仍是空闲的，则允许发送。如果在 $H_j(i)$ 时间内，再次检测到站 $S_{i'}$ 的 $EOC(i')$ ，则重置延迟等待时间为 $H_j(i')$ ，如此往复，直至把信息包发送出去。对于同一个 $EOC(i)$ ，总线上不同编号的工作站通过选择适当的 $H_j(i)$ ($i, j = 1, 2, \dots, M; i \neq j$)，就可以错开发送时间依次发送，从而避免了冲突。就其功能看，好象各站是通过一个令牌控制依次访问信道的，故它是一种隐令牌方式。

可以推得 $H_j(i)$ 应满足以下关系^[6]

$$H_j(i) = \begin{cases} (j-i-1)\Delta & i < j \\ 2(\tau_{i,M} + \tau_{1,j}) + (M+j-i-1)\Delta & i > j \end{cases} \quad (1)$$

其中， Δ 为检测 $EOC(i)$ 的时间， τ 为端-端传输时延， $\tau_{i,M}$ 为站 i 到站 M 的传输时延， $\tau_{1,j}$ 为站 1 到站 j 的传输时延。

从 CSMA/CD 转换成 SBP 方式的过程是这样的：一旦检测到冲突，各站 (S_j) 进入等待状态，只有在收到站 1 发出的同步包的 $EOC(1)$ 后才计算 $H_j(1)$ 来安排发送。

(4) 在 SBP 工作模式中，各站设置有负荷定时器 T_L 来监测网络负荷的变化情况。因为

$$H_j(i)|_{max} = 2\tau + (M-1)\Delta \quad (2)$$

所以，当 S_i 站发送完 $EOC(i)$ 后，即置 T_L 的定时长度为 $2\tau + (M-1)\Delta$ 。如果在此时间内 S_i 站没有检测到其它站的 EOC ，则说明在这次循环中，其它站都无信息发送，此时的网络已处于低负荷状态，于是定时时间到后， S_i 站发一个模式转换同步包 (SBP → CSMA/CD)，各站收到此包后，即转换到采用 CSMA/CD 方式工作。

2.2 流量控制协议

工作站在进行语音通信时，把连续的语音信号数字化，采用分组传送，则可容忍的端-端时延 D (D 定义为一段突发语音的开始时刻与接收端开始恢复语音这一时刻之间的时延) 不能超过一定值。被过份延时的语音分组在接收端译码转换时将出现不连续声音，使声音失真，且要增大语音包缓冲区。一般要求限制 $D \leq 200\text{ms}$ ^[7]。因此，为了满足语音信息的实时性，还必须对前面叙述的协议进行补充，建立适合于这两种流量的综合协议，对语音和数据分别采用不同的处理方法，以限制数据流，保证语音质量不受数据的影响，并保证数据用户占有一定程度的网络资源，提高信道利用率。

要满足语音的实时性，主要是为语音信息提供优先权。它表现在如下两个方面：

(1) 在同一站中，不管信息分组产生的次序，如果同时存在两类信息，则优先发送语音信息。

(2) 当网络负荷较大时，限制数据流量。方法是：根据网络的参数和性能，预先设定一个时间常数 T_c ，并在数据站设置一个计时器 T_{mc} 来测量数据站的发送周期 T (即连续两次允许发送的时间间隔)。当数据站有数据分组需发送时，先启动 T_{mc} 测量 T 。若 $T \leq T_c$ ，则可发送，否则数据受到阻塞，直至 $T \leq T_c$ 。而语音站每次都可发送。这样

就可把数据负荷限定在一定范围内,使话音分组的最大时延限制在允许的范围内。

此外,HYCSP是一种分布式控制存取协议,数据负荷虽然得到了限制,减少了数据对话音的影响,但是,过多的话音站同时通话,也会大大增加网络的负荷,使话音分组时延突增,而且数据分组的阻塞程度将愈加严重。为了限制话音分组的时延,增加数据站的发送几率,较公平地分配网络资源,提高信道利用率,通话站数也要受到限制。为此,采用呼叫一等待一通话的方法进行控制。首先根据网络的参数和性能要求,确定可同时通话的最大话路站数为 N_m 。每个话音站都设置一个摘机站计数器 N 。某站欲建立对话过程时,先检查 N 值,若 $N < N_m$,则可发出呼叫,建立链路进行对话,同时所有站的 N 值加2。通话结束后,拆除通话链路,各站 N 值减2。若 $N = N_m$,则呼叫被阻塞,欲通话站进入等待状态直至 $N < N_m$ 。

2.3 网络的可靠性

在低负荷时,HYCSP协议以CSMA/CD方式工作,因此,某个工作站的故障,不会导致网络的瘫痪。

在中、高负荷时,HYCSP协议以SBP方式工作。这时,网络负荷定时器 T_L 和 $H_j(i)$ 延时器计时的不准确或EOC(i)的丢失等都会使网络工作异常,即会产生第二次冲突。但是,冲突发生后,站1即会重发一个模式转换同步包,重新协调各站的发送。

一旦站1发生故障,相邻的站2将接替它的发同步包的工作。更一般地,若站1,2, ..., $i-1$ 全部都瘫痪了,那么站 i 在检测到冲突后,在足够长的时间 T_i 内都收不到同步包,它由此可自行判定前面的 $i-1$ 个站都已出错,而自动接替发同步包的工作。

设 t_0 为冲突产生的时间, τ_{i-1} , τ_i 分别为站 $i-1$,站 i 检测到冲突所需的时间, T_{i-1} 和 T_i 分别为站 $i-1$,站 i 检测到冲突后,延时准备发同步包的时间, Δ 为检测同步包EOC的时间。若站1到站 $i-2$ 已全部瘫痪,则站 $i-1$ 发同步包的时间为

$$t_{i-1} = t_0 + \tau_{i-1} + T_{i-1} \quad (3)$$

站 i 收到站 $i-1$ 的同步包的时间为

$$t_i = t_{i-1} + \tau_{i-1,i} + \Delta = t_0 + \tau_{i-1} + T_{i-1} + \tau_{i-1,i} + \Delta \quad (4)$$

若站1至站 $i-1$ 已瘫痪,则站 i 发同步包的时间应为

$$t'_i = t_0 + \tau_i + T_i \quad (5)$$

为保证唯一站发同步包,要求 $t'_i > t_i$,即

$$t_0 + \tau_i + T_i > t_0 + \tau_{i-1} + T_{i-1} + \tau_{i-1,i} + \Delta$$

由此可得

$$T_i > T_{i-1} + (\tau_{i-1} - \tau_i) + \tau_{i-1,i} + \Delta$$

因为 $(\tau_{i-1} - \tau_i) < \tau$, $\tau_{i-1,i} < \tau$,因此,为简化起见,可取等式

$$T_i = T_{i-1} + 2\tau + \Delta \quad (6)$$

因为站1检测到冲突后无需等待,故 $T_1 = 0$ 。由此可得

$$T_2 = 2\tau + \Delta$$

递推下去可得

$$T_i = (i - 1)(2\tau + \Delta) \tag{7}$$

由此可见，整个网络的控制是分布式的，具有较高的可靠性。

3 HYCSP协议的性能分析

为了进一步研究HYCSP协议的性能，我们用GPSS通用离散仿真系统对它进行了计算机模拟分析。性能分析包括下列参数：

相对吞吐量：它表示在模拟时间内成功发送的分组数与信道所能传输的分组数之比。

归一化平均分组时延 t_d ：从源站产生一个分组开始到目的站收到该分组为止的时间间隔与分组传输时间之比。

网络相对负荷 ρ ：网络单位时间内要传输的总信息量与信道所能传输的信息量之比。若信息量仅指数据信息量，则 ρ 为数据相对负荷。

3.1 纯数据型网络性能分析

我们模拟了HYCSP协议在纯数据型网络的性能，并把它与理想协议M/D/1、令牌总线、Scheduled bus 协议和CSMA/CD这几种协议进行了比较。所有模拟模型均采用如下统一的假设：数据分组长度为518bytes，报文平均长度为500bytes，信道速率为10Mbps，端-端传播时延 τ 为8 μ s，活动数据站数为 $N_d = 20$ 。

图2(a)和(b)分别表示工作总站数 $M = 20$ 和 200 时平均数据分组时延与相对负荷 ρ 的关系。在 ρ 较低时，CSMA/CD和HYCSP都有较低的平均分组时延，而令牌总线和SBP则由于传递令牌或预定总线造成的额外开销，使得平均分组时延相对较大。随着 ρ 的增加，CSMA/CD的时延以较快的速度增大，当 $\rho > 0.4$ 后，时延急剧增加，而其它协议的时延增长速度远比CSMA/CD小。HYCSP协议则在整个负荷范围都有良好的时延特性，综合了CSMA/CD和SBP两者的优点，与理想协议M/D/1的时延特性相近。

图3为数据吞吐量-网络负荷特性，当 $\rho < 0.4$ 时，几种协议几乎具有相同的吞吐量

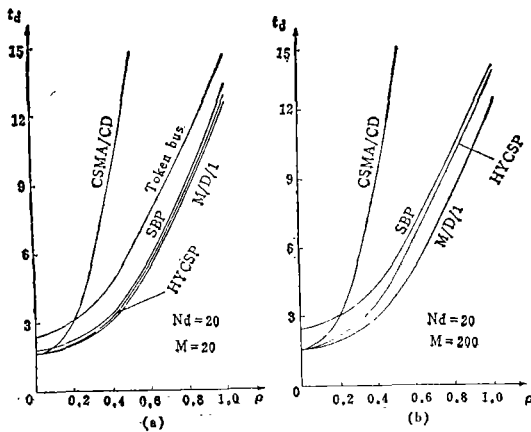


图 2 对于几种协议的数据分组时延-网络负荷特性
Fig. 2 Data packet delay versus network loading characteristics for several protocols

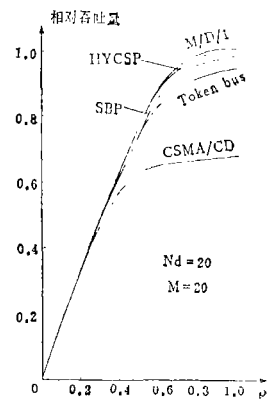


图 3 数据吞吐量-网络负荷特性
Fig. 3 Data throughput versus network loading characteristics

特性,在 ρ 较大时,CSMA/CD由于碰撞增多而导致吞吐量下降,而其它协议的吞吐量则随 ρ 的增大而增加。相应地,HYCSP的吞吐量比SBP、令牌总线和CSMA/CD的都好,而接近理想协议M/D/1的。

3.2 综合话音/数据型网络性能分析

我们模拟了在综合话音/数据局域网中,采用HYCSP时,话音和数据这两种流量相互影响的特性曲线。模型参数假设为:网络总工作站数 $M=400$,数据活动站数 $N_d=20$,EOC的检测时间 $\Delta=1\mu s$,话音编码率为16Kbps,话音分组化时间为45ms,平均无声期间隔为1.802s,有声期内平均分组数为30,其它参数如前所述。

3.2.1 话音对数据流的影响 为了给话音提供优先权,对数据流进行了控制。选择 $T_c=2.5ms$ 和 $5ms$ 两种情况进行模拟,并与数据流无控制的情况($T_c=\infty$)作比较,结果如图4所示。由图可见, T_c 越小,数据流受到的阻塞程度越高,从而时延明显增加,吞吐量有所下降。

3.2.2 数据流对话音的影响 在不同 T_c 条件下,数据相对负荷对话音分组时延的影响如图5所示。由图可见, T_c 的选择对网络的性能有很大的影响。当 T_c 较小时,网络中的数据负荷被限制在一个较低的水平,这时话音分组受到的影响较小,时延较小,但数据受到的阻塞程度增加。反之,话音受数据流影响较大,时延相应增加。因此,在满足话音分组所允许的最大时延条件下,如果尽量选取较大的 T_c ,则不仅满足了话音的实时性要求,而且兼顾了数据的发送,提高网络的吞吐量,使话音和数据的综合传输达到一个较公平的程度。

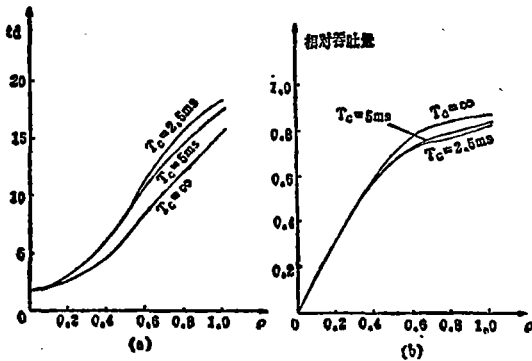


图4 (a)不同时间常数 T_c 时的数据分组时延特性
(b)不同时间常数 T_c 时数据吞吐量特性
Fig. 4 (a) Data packet delay characteristics at different time constants T_c
(b) Data throughput characteristics at different time constants T_c

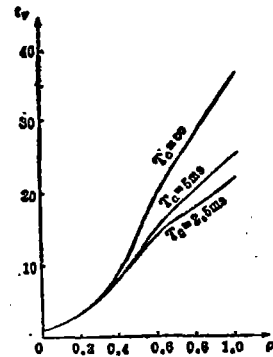


图5 不同时间常数 T_c 时的话音分组时延-数据负荷特性
Fig. 5 Voice packet delay versus data loading characteristics at different time constants T_c

4 结论

本文提出的适合于在大规模总线网络系统中进行话音和数据综合通信的媒质存取协议HYCSP综合了CSMA/CD和SBP的优点,在大的负荷范围内都具有良好的时延特性

和大的吞吐量，与理想协议M/D/1的特性曲线接近。由于它是CSMA/CD的变形，故具有较高的可靠性，而且易于实现。

参 考 文 献

- [1] Lagemat J van de, *computer commun. Review*, 16 (1986), 102
- [2] 王育坚, 通信与计算机, 1987, 2,20
- [3] 赵新华, 军事通信技术, 1986, 1,23
- [4] Fine M, *IEEE Trans. Commun.*, CON-34(1986),906
- [5] Abedin M J, *Computer Commun.*, 10(1987),171
- [6] Ibe O C, *Computer Commun.* 10 (1987),59
- [7] Coviello G J et al., *ICC'77*, 38
- [8] Rios M, *IEEE Trans. Computer*, C-34(1985), 90

The Design of a Voice/data Integrated Local Area Network Protocol

Wu Jun* Zhang Guangzhao

Abstract

We propose a hybrid multiple access protocol—Hybrid CSMA/CD-Scheduled bus protocol (HYCSP) which is distributed and suitable for both voice and data communications in a no-second collision bus. HYCSP combines the best features of both CSMA/CD and Scheduled bus protocol. Control is transferred from one protocol to the other according to the network loading and access delay for voice packets can be bounded to a desired upper limit by imposing restrictions on data transmission. The performance of HYCSP is evaluated by computer simulation for both voice and data packets. The results show that the proposed protocol is advantageous over other well-known protocols such as CSMA/CD, token bus and scheduled bus protocol in both the delay performance and the throughput performance. It is shown that more voice stations can be supported by using our protocols than using any other protocols.

Keywords integrated voice/data, local area network, CSMA/CD, scheduled bus protocol

• Department of Radio and Electronics