

综合业务网中 FDDI 协议优先级控制准公平性探讨

吕磊¹, 姜辉², 张嵩¹, 徐翠珍³

LV Lei¹, JIANG Hui², ZHANG Song¹, XU Cui-zhen³

1. 青岛大学 国际商学院 管理科学与工程系, 山东 青岛 266071

2. 青岛大学 研究生处, 山东 青岛 266071

3. 青岛大学 信息工程学院, 山东 青岛 266071

1. College of International Business, Qingdao University, Qingdao, Shandong 266071, China

2. Graduate Department, Qingdao University, Qingdao, Shandong 266071, China

3. College of Information Engineering, Qingdao University, Qingdao, Shandong 266071, China

E-mail: cnmouse@yahoo.com.cn

LV Lei, JIANG Hui, ZHANG Song, et al. Discussion on quasi-fairness of priority control in FDDI of intergrated service networks. *Computer Engineering and Applications*, 2008, 44(6): 154-156.

Abstract: Improving on the priority control in Fibre Distributed Data Interface (FDDI) can both ensure the sending of high priority of cells as most as possible, and prevent the condition that the low priority of cells which can't be sent for long time. Simulation results show that the improved FDDI protocol can satisfy the quasi-fairness of priority control of Integrated Service Digital Networks (ISDN).

Key words: Fibre Distributed Data Interface (FDDI); priority; quasi-fairness

摘要: 对 FDDI 优先级协议进行了改进, 既尽可能保证高优先级信息的发送, 又防止出现低优先级信息(特别是优先级最低信息)长时间得不到发送的局面。模拟实验验证, 改进的 FDDI 协议能够满足综合业务数字网优先级准公平性要求。

关键词: 光纤分布式数据接口; 优先级; 准公平性

文章编号: 1002-8331(2008)06-0154-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP393.14

1 引言

在综合业务网中, 一般来说负载量较重, 为了提高高优先级的信息更快得到传输, 引入了优先级机制, 它的功能是把网络带宽优先分配给优先级较高的帧, 只有当有足够带宽时, 才发送优先级较低的帧, 通常最少采用 4 个级别的优先级。在重负载条件下, 这种机制运行效率很高, 不仅可用于数据传输, 还可用于其它信息帧的传输。但是在保证高优先级信息单元尽可能提前发送的前提下, 也应兼顾低优先级信息单元使之有可能得到传送, 也就是所谓的优先级公平性问题。当然这里的公平性不是绝对公平, 而是根据网的运行实际所实现的相对公平, 亦称为准公平性。

关于如何实现优先级的准公平性, 已有很多策略被提出。阈值优先级策略^[1]为实时业务提供足够服务质量的同时, 也为非实时业务提供了尽可能好的服务。针对综合业务数字网的优先级准公平性问题, 相继提出了利用 IEEE802.5 预约级协议的策略^[2]和利用 IEEE802.4 优先级协议的高优先级中断策略^[3]等。

FDDI 协议支持优先级, 随着综合业务网的迅猛发展, 如果把 FDDI 协议引入其中, 即使优先级不增多, 也能成为提高综

合业务网性能的重要举措。就 FDDI 优先级策略提出了改进, 在合理范围内牺牲高优先级业务的服务质量, 适当换来部分提高低优先级业务的服务质量, 使其适用于综合业务网。模拟实验证明, 本文提出的策略能够满足优先级准公平性要求。

2 FDDI 协议简介

FDDI 是一个高性能的光纤令牌环 LAN^[4-5], 能提供 100 Mb/s 的传输速率。典型的 FDDI 网是由两条独立的传输方向相反的环组成, 但进行数据传输的始终是一个环形线路, 与单环网类似, FDDI 采用“时控令牌协议”, 提供同步数据服务和异步数据服务。网络初始化时, 由各站点协商“目标令牌循环时间”(记为 $TTRT$), 然后静态地为每个站点(如观察站 i)分配同步传输时间 SA_i , “同步传输时间”是在每次令牌到达站点时, 该站点可进行同步数据传输的最长时间。此外, $TTRT - \sum_i SA_i$ 时间被动态的分配给网上的各站点用于异步服务。

FDDI 网在每个站点设置了 TRT 计时器, 用来实测令牌循环时间, 即本次令牌到达与上次令牌到达该站的时间间隔, 记

基金项目: 国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.70601014); 山东省自然科学基金(the Natural Science Foundation of Shandong Province of China under Grant No.Y2006H01)。

作者简介: 吕磊(1977-), 男, 讲师, 主要研究领域为计算机网络与通信; 姜辉(1979-), 女, 助理研究员, 主要研究领域为计算机网络与通信; 张嵩(1976-), 女, 博士, 特聘教授, 主要研究领域为管理信息系统; 徐翠珍(1982-), 女, 主要研究领域为计算机网络与通信。

收稿日期: 2007-06-12 **修回日期:** 2007-08-20

为 TRT_c 。当 $TRT_c \geq TTRT$ 时,该站点发完同步数据或用完“同步传输时间”后,必须马上放走令牌,不能发送异步数据。若 $TRT_c > TTRT$,本站还有长度为 $(TTRT - TRT_c)$ 的时间可以发送异步数据,时间用完再释放令牌。该站点用于发送异步数据的时间,称为“异步传输时间”,显然该时间段与整个网络上一轮的运行情况有关。

FDDI 的运行机制是这样的:当令牌到达某站点 i 时,站点 i 如有数据要发送,则将令牌从环上取下,将待发的同步数据帧发到环上,最大可能是分配给此站的“同步传输时间”用完后停止同步数据帧发送。之后如果还有“异步传输时间”,则可继续发异步数据帧,直到“异步传输时间”用完,或者在此之前该站的异步数据全部发完。随即在数据帧之后挂一个令牌,供下游站使用。如果站点没有待发数据(包括同步数据和异步数据),则直接将令牌转发,每当运行的数据帧经过目的站点时,数据立即被复制到该站点的缓冲区中,并给原帧加上“已被复制”的记号。该帧继续运行,绕环一周返回源站点被回收。

3 FDDI 优先级协议的改进

3.1 改进策略的提出

由上述优先级的运行机理可知,优先级较高的信息帧很容易获得发送权,而优先级较低的信息帧则相对较难,特别是当网络负载较重、用户争先利用高优先级发送信息帧时,低优先级信息帧往往在很长时间内得不到发送。为了在尽可能保证高优先级信息帧能提前得到服务的同时,又防止出现低优先级信息帧(特别是最低优先级信息帧)长时间得不到服务的局面,本文对 FDDI 协议优先级进行了以下改进。

定义 0、2、4 和 6 四种优先级,最低为 0,最高为 6,其中 6 类优先级用于发送同步数据,其它类优先级用于发送异步数据。任何站点都可以按这中间的一种或多种方式来发送数据。逻辑上将 MAC 层划分成四小部分,暂且称为子域,分别对应四个优先级。每个子域各有 1 个虚拟缓存。当数据从上层进入 MAC 层时,先检查其优先级,然后送到对应的一个子域。于是各子域分别管理自己缓存的帧发送队列。

当令牌到达观察站 i 时,就被传递给优先级为 6 的子域,对 6 类优先级的信息帧最优先发送。通常为 6 类帧规定了一个同步传输时间 SA_i ,它不受目标令牌循环时间的影响,在其同步传输时间内有多少 6 类帧就发送多少 6 类帧。

当 6 类子域发送完所有帧或超时,令牌被交给优先级为 4 的子域。改进策略预先为 2 类、0 类帧各规定了一个阈值 Δt_2 、 Δt_0 ,其表示重负载条件下,站点接收令牌后可发送的 2 类、0 类帧的最小值。4 类子域能发送 4 类信息帧的最大数目 $= \text{Max}(0, \text{目标令牌循环时间} - \text{当前站实际测量的令牌循环时间} - \Delta t_2 - \Delta t_0) = \text{Max}(0, TTRT - TRT_c - \Delta t_2 - \Delta t_0)$ 。

然后令牌又传递给优先级为 2 的子域,可发送 2 类帧的最大数目 $= \text{Max}(0, \text{目标令牌循环时间} - \text{当前站实际测量的令牌循环时间} - \text{当前站发送的 4 类帧的实际数目} - \Delta t_0) = \text{Max}(0, TTRT - TRT_c - \text{当前站发送的 4 类帧的实际数目} - \Delta t_0)$ 。

最后令牌传递给优先级为 0 的子域。可发送 0 类帧的最大数目 $= \text{Max}(0, \text{目标令牌循环时间} - \text{当前站实际测量的令牌循环时间} - \text{当前站发送的 4 类帧的实际数目} - \text{当前站发送的 2 类帧的实际数目}) = \text{Max}(0, TTRT - TRT_c - \text{当前站发送的 4 类帧的实际数目} - \text{当前站发送的 2 类帧的实际数目})$ 。

设 T_k 为各站点当前可以发送不同优先级信息帧的最大数目, $K=4, 2, 0$ 。设 F_4, F_2 表示各站本次发送优先级 4、优先级 2 信息帧的实际帧数,则

$$\begin{aligned} T_4 &= \text{Max}(0, TTRT - TRT_c - \Delta t_2 - \Delta t_0) \\ T_2 &= \text{Max}(0, TTRT - TRT_c - F_4 - \Delta t_0) \\ T_0 &= \text{Max}(0, TTRT - TRT_c - F_4 - F_2) \end{aligned} \quad (1)$$

由上述设定可见,当前站能发送优先级 K 的帧数与三个条件有关:(1)与 TRT_c 有关;(2)与当前发送的较高优先级信息帧的帧数有关;(3)与设定的 2 类、0 类帧的阈值有关。

(1)在网络负载较轻时,6 类、4 类、2 类、0 类优先级的信息帧都有可能得到发送,但在网络负载较重的情况下,每个站点 6 类帧的发送有可能达到其最大值,即 SA_i 。因此,对于一个有 N 站点的环网,在令牌循环一圈中,能传输第 6 类信息帧的最大时间是 $\sum_{i=1}^n SA_i$,显然为了保证在任何条件下结点还能发送 4 类优先级的信息帧,只有满足 $TTRT > \sum_{i=1}^n SA_i$ 。

(2)由式(1)可知,当每个站 4 类优先级帧的发送达到其最大值时,可得 2 类帧发送数目的最大值为

$$T_2 = \text{Max}(0, TTRT - TRT_c - F_4 - \Delta t_0) \Big|_{F_4=TR_4} = \text{Max}(0, \Delta t_2) = \Delta t_2 \quad (2)$$

(3)由式(1)、式(2)可知,当每个站 4、2 类优先级帧的发送均达到其最大值时,可得 0 类帧发送数目的最大值为

$$T_0 = \text{Max}(0, TTRT - TRT_c - F_4 - F_2) \Big|_{F_4=TR_4, F_2=TR_2} = \text{Max}(0, \Delta t_0) = \Delta t_0 \quad (3)$$

当网络负载较重时,为了保证在任何条件下,让高优先级信息尽可能提前得到发送且同时兼顾低优先级信息,使之有可能得到传送,本文提出分别给 2 类、0 类帧设置一个阈值 Δt_2 、 Δt_0 ,这就是对 FDDI 优先级协议的改进策略 1。

3.2 FDDI 协议的进一步扩展

根据上述分析,可以看出,改进后的 FDDI 协议保证了 0 类、2 类帧的服务质量。站点接到令牌后,若其能发送 4 类帧,那么可发送的 4 类帧的最大数目不超过 $TTRT - TRT_c - \Delta t_2 - \Delta t_0$,由此可以看出,若站点能发送 4 类帧,则必能发送 2 类、0 类帧。总的来说,改进后的 FDDI 协议保证了最低优先级帧的发送。

然而上述改进协议也存在着不足,当站点接收令牌后,若其 $TRT_c \in [TTRT - \Delta t_2 - \Delta t_0, TTRT]$,把 TRT_c 代入 $T_4 = \text{Max}(0, TTRT - TRT_c - \Delta t_2 - \Delta t_0)$ 中得: $T_4 \leq \text{Max}(0, TTRT - TTRT + \Delta t_2 + \Delta t_0 - \Delta t_2 - \Delta t_0) \Rightarrow T_4 \leq 0$,不能发 4 类帧,而同时由于已经预先给 0 类帧预留了 Δt_0 ,必可发 0 类帧。也就是造成高优先级信息帧得不到发送的条件下,而低优先级信息帧却可发送,出现优先级倒置情况。为此需要对改进后的策略 1 进一步加以扩充,提出改进策略 2,即高优先级中断策略。若站点 4 类子域接收令牌后,不能发 4 类帧,则令牌不再传送到该站点的 2 类子域及 0 类子域,强制性的将令牌传至下游站,即使本站的 TRT_c 小于 $TTRT$,也是如此。这就保证了若 4 类帧不能发,则 2 类、0 类帧必定不能发;若 4 类帧能发,站点 2 类、0 类帧必能发,故不需对 2 类子域设置优先级中断策略。

综上所述,对原有的 FDDI 协议做了如下两点改进:

(1)为 2 类、0 类优先级信息帧分别设立了一个阈值 Δt_2 、 Δt_0 ,从而适当照顾了低优先级信息帧的发送。

(2)为 4 类子域设定了高优先级中断策略,防止了某站有 4 类帧而不能发送,却有可能发 2 类、0 类帧的优先级倒置局面出现。

表1 观察站各类帧每圈发送数目
(从第1 001圈开始,只列出18圈)

p	k																	
	1 001	1 002	1 003	1 004	1 005	1 006	1 007	1 008	1 009	1 010	1 011	1 012	1 013	1 014	1 015	1 016	1 017	1 018
6类	m	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	i	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4类	m	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0
	i	0	0	0	0	3	4	13	4	0	0	0	0	3	4	13	4	0
2类	m	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
	i	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0类	m	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	i	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

其中:k:圈数;p:优先级;m:改进协议;i:原协议,取 SA=5, TTRT=64, Δt₂=4, Δt₀=2

3.3 改进策略在网中的实现

(1)设置两种计时器,即令牌循环计时器(TRT),令牌保持计时器(THT)。

TRT: 测量从上一次接收令牌到第二次令牌到达的时间,其计时值为 TRT_c,当站点接收令牌后,赋 TRT 的值 TRT_c给 THT,同时 TRT 清零并同时开始重新计时。

THT: 保存 TRT 的值 TRT_c后,暂时保持不动,等待在站点发送完 6 类帧后,在值 TRT_c基础上继续计时。

(2)网络中每个站点设置三个只读存储器,分别存储 TTRT 目标令牌循环时间、Δt₂ 和 Δt₀ 的值。这个时间必须预先设定,供结点中发送控制器发送各类帧时,计算各类优先级帧可发送的最大时间(即计算 T_k, K=4, 2, 0)时使用。

下面讨论各站点发送规则,设网络运行之初各站点的令牌循环计时器从 TRT=0 开始计时。当某站下一次重新获得令牌后,发送规则如下:

(1)TRT 将计时值 TRT_c 保存在 THT 中,TRT 清零,并重新开始计时。

(2)站点内部将令牌传递给优先级为 6 的子域。当该子域发送完 6 类帧或超时,停止发送 6 类帧,并将令牌交给优先级为 4 的子域。在发送 6 类帧时,THT 只保持 TRT_c 值,不累加计时,但各站 TRT 要计时。

(3)优先级为 4 的子域开始发送 4 类帧。若 TTRT-TRT_c-Δt₂-Δt₀≤0, 则不能发 4 类帧,立即把令牌传至下游站。若 TTRT-TRT_c-Δt₂-Δt₀>0, 则发送 4 类帧。在 4 类帧开始发送时 THT 从保持的 TRT_c 值开始累加计时。当该子域发送完 4 类帧或超出发送时间时停止发送,将令牌交优先级为 2 的子域。在发送 4 类帧时,不仅 THT 计时,各站的 TRT 也继续计时。

(4)优先级为 2 的子域开时发送 2 类帧。发送时间不超过 TTRT-TRT_c-F₄-Δt₀=TTRT-(TRT_c+F₄)-Δt₀, 其中 TRT_c+F₄ 正是 THT 的当前值。当该子域发送完 2 类帧或超出发送时间时停止发送,将令牌交给优先级为 0 的子域。在发送 2 类帧时,不仅 THT 计时,各站 TRT 也继续计时。

(5)优先级为 0 的子域开时发送 0 类帧,发送值不超过 TTRT-TRT_c-F₄-F₂=TTRT-(TRT_c+F₄+F₂), 同理 TRT_c+F₄+F₂ 正是 THT 的当前值。当该子域发送完 0 类帧或超出发送时间时停止发送,令牌传至下游站。在发送 0 类帧时,各工作站 TRT 要继续计时。显然由于 THT 的计时及累加计时,完成了各类信息帧最大发送值的计算任务。完成计算后,THT 就应该清零,供令牌下一次到达本站时再重新承担计时任务。

4 模拟实验及结果分析

本文取工作站数 N=8,且令各站点发送的同步传输时间相

同,皆为 SA。模拟实验的目标是考察较重负载条件下,FDDI 协议改进前后对低优先级业务的影响。

为了比较协议改进前后各类帧的发送情况,需在较重负载下进行。同时为了在平稳情况下分析运行情况,从第 1 001 圈开始,记录观察站(以第 0 站为观察站)每次接收令牌后,协议改进前后两种情况下各类帧的发送数目,由此得到表 1。从表 1 中明显看出:(1)原协议中,低优先级信息帧长期得不到发送,而改进协议中,低优先级信息帧明显得到照顾,服务质量好于原协议。(2)改进协议后 4 类帧的发送数虽然比原协议有所降低,但依然保持了优先性。(3)改进协议达到了预期的目的,即在合理范围内牺牲高优先级业务的服务质量,适当换来部分低优先级业务的服务质量。

为了观察 TTRT、Δt₂、Δt₀ 改变后各类帧发送数目的变化情况,仍以第 0 站为观察站,统计从第 1 001 至第 1 100 圈各类帧的发送总数及观察站每圈发送各类帧的平均值。在多种给定参数下得到了表 2。为了清晰可视,将表 2 中 SA=5、TTRT=64 的一组数值画图比较,如图 1 所示。从表 2 看出,随着目标令牌循环时间的变化,改进协议对低优先级信息帧的照顾情况都明显好于原协议。从图 1(a)、(b)、(c)可见,当适当照顾 0 类帧,且

表2 改变目标令牌循环时间和 Δt₂, Δt₀ 后观察站每圈平均发送各类帧数目

p	SA=5, TTRT=60			SA=5, TTRT=64			SA=5, TTRT=68		
	Δt ₂ =2	Δt ₂ =3	Δt ₂ =4	Δt ₂ =2	Δt ₂ =3	Δt ₂ =4	Δt ₂ =2	Δt ₂ =3	Δt ₂ =4
	Δt ₀ =1	Δt ₀ =1	Δt ₀ =2	Δt ₀ =1	Δt ₀ =1	Δt ₀ =2	Δt ₀ =1	Δt ₀ =1	Δt ₀ =2
6类	m	5	5	5	5	5	5	5	5
	i	5	5	5	5	5	5	5	5
4类	m	1.54	1.32	0.88	1.98	1.76	1.32	2.09	1.76
	i	2.20	2.20	2.20	2.36	2.54	2.45	2.56	2.54
2类	m	0.44	0.66	0.88	0.44	0.66	0.88	0.66	0.99
	i	0	0	0	0.28	0.10	0.19	0.52	0.54
0类	m	0.22	0.22	0.44	0.22	0.22	0.44	0.33	0.33
	i	0	0	0	0	0	0	0	0

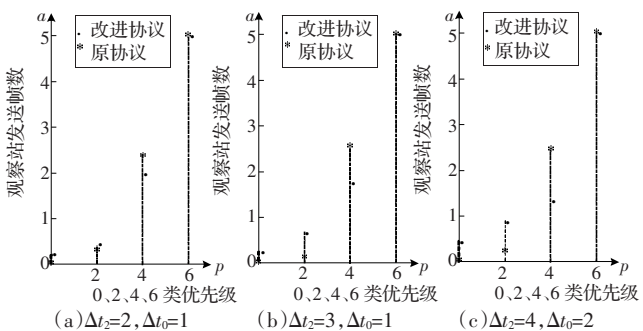


图1 固定 SA=5、TTRT=64 所得每圈平均发送各类帧数目