

变电站综合信息传输中的网关流量管理实现

陈政,涂光瑜,罗毅,燕京

(华中科技大学电气与电子工程学院,湖北 武汉 430074)

摘要: 为解决变电站综合信息传输中的流量冲突问题,设计了基于 Linux 平台的网关流量管理系统。分析了变电站综合信息业务类型,提出依据各种信息的 QoS(Quality) 要求,对不同的信息流规范其传输带宽和优先级。系统阐述了 Linux 平台的流量管理机制,并给出变电站综合信息传输中的网关流量管理的具体程序实现。经系统实测表明,该网关流量管理系统可以有效解决变电站综合信息传输中的流量冲突问题。

关键词: 变电站; 综合信息传输; Linux; 网关; 流量管理

中图分类号: TM63 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)04-0028-04

0 引言

在变电站信息一体化传输中,传统的 SCADA 信息和各种新兴多媒体业务信息、MIS 信息等都是基于同一平台上网传输。各种信息流的带宽和 QoS 要求各不相同,在综合传输中往往存在流量冲突的问题。这对于变电站通信中某些 QoS 要求苛刻的数据流而言是不能容忍的,因此必须建立有效的流量管理体制实施流量管理。

现有的变电站综合信息网络传输方案很少考虑流量管理的问题^[1,2],上网信息暴增造成网络流量阻塞亦成为潜在隐患。本文针对如何解决这一问题,提出了基于 Linux 平台的网关流量管理系统方案,其基本原理是:面向变电站综合信息传输网络中不同类型信息业务的传送带宽和 QoS 要求,通过 Linux 的 TC(Traffic Control,流量控制)来实现对各类业务划定相应带宽,从而避免信息综合传输中的流量冲突问题。在实际的网络架构中,网关是沟通内外网的枢纽,控制着所有网络数据流的传输,因此在网关机上添加流量管理功能可以最为简单有效地达到规范站内综合信息传输的目的。采用基于 Linux 实现的流量管理系统具有如下优点:

- 1) Linux 中的 TC 具有强大的流量管理功能,其性能可与专业级流量管理系统媲美;
- 2) Linux 是完全免费共享的,可以节约投资成本;
- 3) 基于 Linux 的网关流量管理系统实现简单,可以方便地嵌入现有变电站综合信息传输网络。

1 变电站综合信息业务分析

建立变电站信息综合传输流量管理系统,首先

要对变电站的业务类型进行分类,确定不同类型业务的传送带宽和 QoS 要求等。目前变电站中的信息业务类型及其传输要求大致分类如下^[3]:

- 1) 数据业务。主要包括 SCADA 系统数据和 MIS 类数据。SCADA 数据流量一般较小(300 - 800 kbps),但是可靠性和实时性要求严格;MIS 类数据流的突发流量很大(峰值可达 4 - 6 Mbps),但实时性和可靠性要求相对不高;
- 2) 视频业务。无人值班变电站及其它视频监控,一般在采用 MPEG1 标准压缩时每路传输速率为 1.5 Mbps。这类业务的特点是对网络时延及带宽均有较高要求;
- 3) 其他业务:话音、信息检索、电子邮件、Web 应用、可视图文、电子商务等。

随着变电站中需要上网传输的信息量越来越大,就不可避免地存在流量冲突的问题。而且现今很多网络应用程序多以爆发式进行数据传输,尤其是 UDP 类数据由于缺乏有效流量控制往往瞬时抢占大量带宽。这类数据将对变电站中的某些重要数据流如 SCADA 数据等的传输产生很大的冲击,因此采取有效的流量管理措施势在必行。

2 Linux 系统的流量管理实现原理^[4]

Linux 通过 TC 实现的带宽管理系统可以实现数据包分类、优先级处理、带宽共享和输入/输出流量限制等功能。TC 代码位于内核,不同的功能块既能编译为模块,也能直接编进内核。通过用户级程序 TC 可完成与内核代码或模块的通信和配置。

流量管理系统包含两个基本单元:分类器(classifiers)和队列(queues)。分类器依据约定规则将数据流进行分类过滤,并将分类过滤后的数据包

提交给队列;队列则收集流量,然后决定是否优先发送、延迟发送或丢弃。Linux 提供的流量控制系统实现原理如图 1 所示。

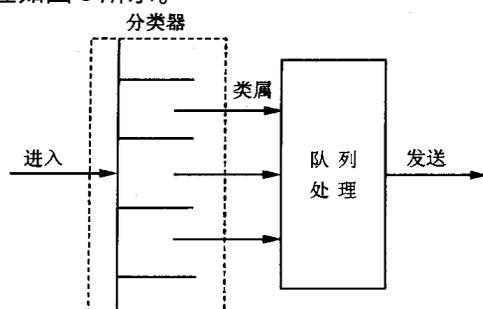


图 1 Linux 流量管理系统示意图

Fig. 1 Schematic diagram of Linux based flow management system

TC 中包含的分类器有多种:fwmark (防火墙标识)分类器、u32 分类器、route 分类器和 RSVP 分类器(rsvp 和 rsvp6 分别用于 IPV4、IPV6)等。fwmark 分类器通过识别防火墙标识进行分类,支持使用 Linux netfilter 程序选择流量;u32 则允许依据任何包头(header)标识选择流量,应用最为广泛。

类(class)是分类器根据属性得到的数据包集合,包含相应的数据流管理规则。一个完整的类定义表述如:来源于 IP 为 192.168.1.8 的数据包发送速率不能超过 1Mbps。

队列可以看作流量/数据包管理器,控制数据流的转发。主要的队列有:Class Based Queue (类基队列,简作 CBQ),优先级和 CSZ (Clark-Shenker-Zhang)等。其中 CBQ 是一种超级队列,能够包含其它队列(甚至其它 CBQ)。

一些队列规则可以绑定到类上,包括 FIFO (先进先出)、RED (随机早期探测)、SFQ (随机公平队列)和 Token Bucket (令牌桶),默认的队列规则是 FIFO。另外 CBQ、CSZ 和优先级也能用于类及子类。这表明使用 TC 可以轻松地实现非常复杂的流量控制。管理类的队列规则称为类队列规则(class queuing disciplines)。类队列规则管理该类的数据和队列,决定延迟、丢掉或者重新分类它所管理的包。

由于 Linux 的 TC 具有强大的流量管理功能,因此在变电站综合信息传输网中采用 Linux 实现流量管理成为优选。通过给不同的数据业务类赋予不同的管理规则,可以有效地解决综合信息的流量冲突问题,保证高 QoS 等级的数据传输带宽。

3 变电站综合信息传输网的网关流量管理实现

典型变电站综合信息监控网络拓扑如图 2 所示,其中网关机作为站级局域网与 SPDNet 广域网的桥梁,控制着所有变电站综合信息的上传下发,常存在传输瓶颈问题。因而在网关机上采取有效的流量控制措施,是解决变电站综合信息传输中流量管理问题的关键。

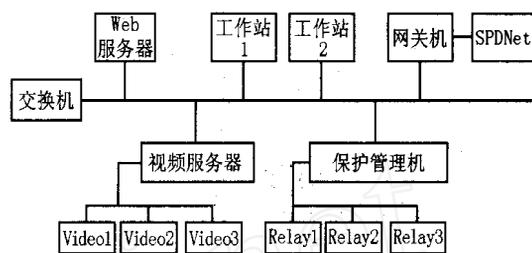


图 2 典型变电站综合信息监控网络拓扑

Fig. 2 Network topology of typical integrated information monitoring of substation

在基于 Linux 平台的网关机流量控制系统中,由于采用不同的分类过滤器,可以有多种系统设计方案。本文主要讨论两种不同的分类器设计模式:一种是基于数据源 IP 分类的流量管理,另一种是基于业务优先级分类的流量管理。

3.1 基于不同数据源分类的流量管理实现

在变电站综合信息监控 LAN 中,不同的业务类型往往有相应的服务器或工作站(如图 2 所示),因此通过区分不同的数据源 IP 可以实现多种数据业务的流量管理。

由图 2 所示的网络架构,假定网关机到 SPDNet 的带宽为 10 Mbps,站内数据业务如表 1 所示:

表 1 网络业务说明

Tab. 1 Network operation explanation

终端名	业务类型	IP 地址	传输速率 配给带宽	
			/Mbps	/Mbps
保护管理机	SCADA 数据	192.168.1.10	0.8	0.8
视频服务器	多媒体数据	192.168.1.11	6	6
Web 服务器	MIS 类数据	192.168.1.12	4(峰值)	3(峰值)

根据表 1 分析,该网络中主要有三类数据业务:SCADA 数据、视频流和 MIS 类数据业务。显而易见,由于总的带宽只有 10 Mbps,假如不采取适当的流量管理措施,峰值达 4 Mbps 的 MIS 数据流必然会对 SCADA 类和多媒体类数据流产生冲击。因此必须为各种类型的业务划定相应的流量带宽,保证

SCADA 类数据的传输质量。

调用 Linux 的 TC 可以实现前述的流量控制策略,依据数据源 IP 进行数据包分类,然后设定相应队列规则进行包处理。具体的程序指令(部分)如下所示:

```
# tc qdisc add dev eth1 root handle 10: cbq bandwidth 10
Mbit avpkt 1000
# tc class add dev eth1 parent 10:0 classid 10:1 cbq band
width 10 Mbit rate 10 Mbit allot 1514 weight 1 Mbit prio 8 maxburst
20 avpkt 1000
```

生成根类,配置了 eth1 根(root)队列规定,类型为 CBQ;带宽为 10 M,平均包大小为 1000 字节;eth1(202.114.22.221)是网关机连接外网的网卡地址,eth0(192.168.1.1)连接内网

```
# tc class add dev eth1 parent 10:1 classid 10:100 cbq
bandwidth 10 Mbit rate 800 kbit allot 1514 weight 80 kbit prio 5
maxburst 20 avpkt 1000 bounded
```

生成 SCADA 数据类,分配 800 kbps 的带宽,并不允许超过阈值

```
# tc class add dev eth1 parent 10:1 classid 10:200 cbq
bandwidth 10 Mbit rate 6 Mbit allot 1514 weight 600 kbit prio 5
maxburst 20 avpkt 1000 bounded
```

生成视频数据类,分配 6 Mbps 的带宽,并不允许超过阈值

```
# tc class add dev eth1 parent 10:1 classid 10:300 cbq
bandwidth 10 Mbit rate 3 Mbit allot 1514 weight 300 kbit prio 5
maxburst 20 avpkt 1000 bounded
```

生成 MIS 及其他数据类,分配 3 Mbps 的带宽,并不允许超过阈值

在向内核提交建立的类之后,还有必要通知选用何种队列规则内核如何管理类数据:

```
# tc qdisc add dev eth1 parent 10:100 sfq quantum 1514b
perturb 15
```

```
# tc qdisc add dev eth1 parent 10:200 sfq quantum 1514b
perturb 15
```

```
# tc qdisc add dev eth1 parent 10:300 sfq quantum 1514b
perturb 15
```

采用 sfq(随机公平队列),消耗 CPU 资源较少,性能较好

选用 u32 分类器,建立网络数据包和类的映射关系:

```
# tc filter add dev eth1 parent 10:0 protocol ip prio 100 u32
match ip src 192.168.1.10 flowid 10:100
```

```
# tc filter add dev eth1 parent 10:0 protocol ip prio 50 u32
match ip src 192.168.1.11 flowid 10:200
```

```
# tc filter add dev eth1 parent 10:0 protocol ip prio 25 u32
```

```
match ip src 192.168.1.12 flowid 10:300
```

以上程序段对变电站中的上传(出口)业务带宽进行了分配,通过限定 MIS 类的数据传送带宽,保证了 SCADA 类和视频类数据的传输质量。为了实现更好的流量控制效果,可以添加其它的队列规则如令牌桶等,但往往会耗费更多的 CPU 资源。另外,还可以仿照上述步骤分配下传带宽。

3.2 基于业务优先级(TOS)分类的流量管理实现

由于通过 u32 分类器可以实现识别任意标头的数据包分类,因此可以考虑建立识别 TOS 字段的包分类模式。IP 头中的 TOS 字段的高端 3 位用来标识服务类型,假定各种数据业务终端均打上服务类型标识。例如:SCADA 类数据服务级别为 1,视频类数据服务级别为 2,MIS 及其他数据服务级别为 3 等。

部分程序指令清单如下:

```
# tc qdisc add dev eth1 root handle 20: cbq bandwidth 10
Mbit avpkt 1000
```

```
# tc class add dev eth1 parent 20:0 classid 20:1 cbq band
width 10 Mbit rate 10 Mbit allot 1514 weight 1 Mbit prio 8 maxburst
20 avpkt 1000
```

.....

三种类型数据业务对应的服务类型标识分别为:0x20(1)、0x40(2)和 0x60(3),则采用 u32 分类器可以设置如下数据包与类的映射关系:

```
# tc filter add dev eth1 parent 20:0 protocol ip prio 100 u32
match 00200000/00ff0000 at 0 flowid 20:100
```

```
# tc filter add dev eth1 parent 20:0 protocol ip prio 50 u32
match 00400000/00ff0000 at 0 flowid 20:200
```

```
# tc filter add dev eth1 parent 20:0 protocol ip prio 25 u32
match 00600000/00ff0000 at 0 flowid 20:300
```

基于业务优先级(即 TOS 字段)分类的流量管理模式,因为采用了面向业务类型的分类标准,更有效地对变电站 LAN 中的综合信息传输进行流量管理。但是,该模式实现的前提是各数据源端在发送时,对各数据业务打上了业务标识,即设定了 TOS 字段值。

3.3 其他实现模式

Linux 的 TC 具有强大的流量管理功能,还有其它多种实现方式,如基于防火墙标识的 fwmark 分类器也是常用的模式之一。前述两种模式都是基于 IP 层信息来进行过滤分类的,事实上还可以通过对传输层的信息进行分类辨识,如辨识端口号的分类流量管理等。总之,Linux 的流量管理系统可以根据需要配置出各种满足需求的复杂管理模式。

4 系统运行测试

在出口带宽为 10 Mbps 的 LAN 上对基于不同数据源分类的流量管理模式进行了测试。试验中 LAN 内三个终端分别往远端发送三类业务:预期发送速率分别为 1.5Mbps(恒值)、5Mbps(恒值)和 4 Mbps(峰值),对应业务类型为 SCADA 类数据、视频类数据和 MIS 类数据。采取流量管理措施前后实际传输速率如表 2 所示。

表 2 有无流量管理措施实测数据对照

Tab.2 Comparison of test results when with or without flow management

业务类型	预期传输速率 /Mbps	实际传输速率/ Mbps	
		没有流量管理措施	采取流量管理措施
SCADA 类	1.5	0.6	1.5
视频类	5	2.3	4.6
MIS 类	4(峰值)	2(峰值)	3.2(峰值)

通过实测数据对比,可以发现采用基于 Linux 平台网关的流量管理系统可以显著地改善网络中流量冲突的问题,提供给高 QoS 要求业务以足够的传输带宽,保证了传输质量。

5 结语

本文针对现今变电站综合信息一体化传输的发展趋势,着重研究解决其中的各种类型信息业务传输的流量冲突问题。在分析 Linux 中 TC 提供的强大的流量管理功能的基础上,设计了基于 Linux 平台网关实现的针对变电站综合信息传输的流量管理

系统。该流量管理系统设计思路简单,实施容易,可以广泛用于变电站综合信息传输领域。

参考文献:

- [1] 罗毅,涂光瑜,张锦辉,等(LUO Yi, TU Guangyu, ZHANGJin-hui, et al). 变电站信息数字化综合传输方案(Digitized Comprehensive Transmission Plan of Substation Information) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2001, 25(8):42-55.
- [2] 罗毅,涂光瑜,张锦辉,等(LUO Yi, TU Guangyu, ZHANGJin-hui, et al). 变电站自动化中多媒体技术应用与通信模式(The Application of Multi-media Technology in Automation and the Modes of Communication) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2001, 25(9):48-52.
- [3] 辛耀中,卢长燕(XIN Yao-zhong, LU Chang-yan). 电力系统数据网络技术体制分析(Analysis of Data Network Technology Architecture for Power Systems) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2000, 24(21):1-6.
- [4] Netherlabs B V, Gregory M, Remco van M, et al. Linux Advanced Routing & Traffic Control HOWTO [M/OL]. http://www. ibiblio. org/pub/Linux/docs/HOWTO/other_formats/html-single/Adv-Routing-HOWTO.html.

收稿日期: 2003-05-30

作者简介:

陈政(1977-),男,硕士研究生,研究方向为变电站信息网络传输;

涂光瑜(1941-),男,教授,博士生导师,长期从事电力系统运行与控制研究;

罗毅(1966-),男,副教授,研究方向为 EMS 和 DMS。

Gateway-based flow management realization of integrated information transmission in substation

CHEN Zheng, TU Guangyu, LUO Yi, YAN Jing

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: In order to solve the problem of flow collision in integrated information transmission of substation, this paper proposes a Linux based gateway flow management system. The types of integrated information are analyzed, and the bandwidth and priority grade are set by the information flow management system according to the QoS requirements of information transmitting. The principle of Linux based flow management is expatiated, and the realization of gateway based flow management in integrated information transmission of substation is explained in detail. Also, the programming code is given. The relevant test indicates that the proposed flow management system can effectively solve the problem of flow collision in integrated information transmission of substation.

Key words: substation; integrated information transmission; Linux; gateway; flow management