

基于网络处理器的 ATM 网络流量监测分析

张庆秋^{1,2}, 杨建华¹, 谢高岗¹

(1. 中国科学院计算技术研究所, 北京 100080; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100080)

摘要: 针对异步传输模式网络, 提出了流量监测指标。基于 C-5 网络处理器, 设计并实现了 ATM 网络流量监测分析系统。该系统能够执行 ATM 网络的 VPI/VCI 利用率测量、信元重组及上层协议分析等功能。实验数据表明, 系统在监测 OC-3/OC-12 链路时丢包率小于 0.001%, 满足速率及精度的要求, 能够实现线速测量。

关键词: 网络处理器; 异步传输模式; 流量

ATM Traffic Measurement and Analysis Based on Network Processor

ZHANG Qing-qiu^{1,2}, YANG Jian-hua¹, XIE Gao-gang¹

(1. Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080;

2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

【Abstract】 This paper proposes a set of traffic metrics of ATM network. A traffic measurement and analysis system is developed based on C-5 network processor. The system can perform VPI/VCI utilization measurement, real-time reassembly of data received over ATM network and higher level protocol analysis. Experiments with operated network and instrument show that the system can parse traffic at OC-12 with the cell loss rate less than 0.001%.

【Key words】 network processor; asynchronous transfer mode(ATM); traffic

随着第三代移动通信网(3G)的快速发展, 异步传输模式(ATM)网络被认为是承载 3G 网络的行之有效的方案, 逐渐受到人们的重视^[1]。对 ATM 网络进行流量监测能够有效地分析网络状况, 评估用户获得的服务质量与网络供应商可提供的服务能力, 改善网络服务质量。

流量监测分析一般采用直接测量与间接测量 2 种方式^[2]。直接测量能捕获与分析链路上的数据包, 提供丰富的应用层信息, 完成复杂协议的业务流监测。间接测量指基于 SNMP、NetFlow 等^[3]标准, 通过采集网络设备中的管理信息, 得到流量指标。由于间接测量依赖于网络设备对流量指标的实现, 缺乏高层协议流量分析, 并且轮询对网络设备会产生一定的负载, 因此一般采用直接测量方法对流量深层分析。

1 监测指标设计

异步传输模式(ATM)^[4]由物理层、ATM 层和 ATM 适配层(主要考虑 AAL5 协议)组成。ATM 的网络层(ATM 层)是面向连接的, 基本元素是虚电路(VC), 用 VCI 标识; 一组虚电路可以被组织成一个虚通路(VP), 用 VPI 标识。

ATM 信息被组织成 53B 的信元, 包括 5B 头部及 48B 的有效载荷。ATM 信元存在 2 种格式(图 1), 即用户网络接口(UNI)信元及网络节点接口(NNI)信元。这 2 种信元的不同之处在于 UNI 信元中的前 4 位为通用流量控制(GFC)字段, 而 NNI 信元头中的对应 4 位加到 VPI 域中, 即 UNI 信元的地址路由域中的 VPI 为 8bit, 而 NNI 为 12bit。

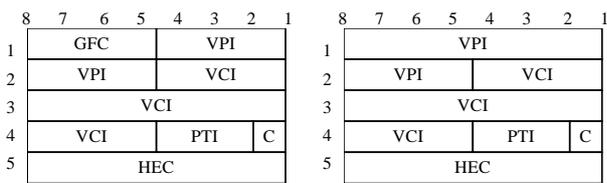
从 ATM 信元到上层用户数据, 需要经过 3 步: (1)物理层信元定界。物理链路传递的比特流首先经过物理层, 完成信元定界, 输出为 53B 的 ATM 信元; (2)ATM 层信元解析。ATM 层完成 5B 的信元头解析, 读取头部各字段, 进行校验和检查, 输出为 48B 的有效载荷; (3)AAL5 层信元重组。因此, 对 ATM 网络的被动流量监测, 提出以下统计指标:

指标 1 (物理层): 收到的用户信元总数, HEC 错误信元数, 空闲信元数, 丢弃信元数等;

指标 2 (ATM 层): 某个虚通路的统计信息, 包括该 VP 的最大 VCI 值, 用户信元总数, 信令信元数等;

指标 3 (ATM 层): 某个虚电路的统计信息, 包括该 VC 的完整 VPC 值, 用户信元总数等;

指标 4 (AAL5 层): AAL5 PDU 的统计信息, 包括长度错误 PDU 数, CRC 错误 PDU 数等。



(a) UNI 中的 ATM 头部

(b) NNI 中的 ATM 头部

GFC: 通用流量控制
VPI: 虚通路标识符
VCI: 虚通道标识符

PTI: 有效载荷类型
C(CLP): 信元丢弃优先级
HEC: 信头错误校验

图 1 ATM 信元格式

基金项目: 国家“863”计划基金资助项目(2005AA121560); 国家自然科学基金资助项目(60403031, 90604015)

作者简介: 张庆秋(1982-), 女, 硕士研究生, 主研方向: 网络测试、监控与管理; 杨建华, 助理研究员、博士; 谢高岗, 副研究员、博士

收稿日期: 2006-10-21 **E-mail:** zqq@ict.ac.cn

2 监测分析流程

2.1 流程

ATM 信元接收处理流程的伪代码描述如下：

```
1: RECEIVE_ATM_CELL_LOOP:
2: IF (Get_Statistics)
3:     Pass statistics to user;
4: Receive ATM cell, parse and update TC level statistics;
5: Get VPI/VCI;
6: Compose index use VPI/VCI and lookup in table;
7: IF (the index is in the table)
8:     Update ATM level statistics;
9: ELSE
10:    Insert new item in table according to the new index;
11: IF (the cell is the first cell of user data)
12:    Assign a new buffer to save the cell;
13: ELSE
14:    Save the cell in the assigned buffer;
15: IF (! End of user data)
16:    Goto 2;
17: Do reassembly and update AAL5 level statistics;
```

当进入循环时，语句 2 判断是否需要传递统计指标，若需要，则传递相应统计指标。语句 4 接收 ATM 信元，解析信元 5B 的头部，并更新 TC 层的统计指标(指标 1)。根据解析信元头得到的 VPI/VCI，语句 6 组成索引值，通过查表更新新指标 2 和指标 3。语句 11 判断该信元是否是用户数据的第 1 个信元，如果是，则新分配缓冲区，否则将 48B 的数据信息放入之前分配好的缓冲区。通过判断 PTI 字段值可以确定报文分界，进而完成 ATM 信元的重组。对重组后的 AAL5 报文，更新 AAL5 层统计指标 4，最终完成上层数据还原。

2.2 指标查找方法

被动测量需要存储及查找大量指标数据，对表空间大小提出了严格的要求。用户可能会监测各种 VPI(指标 2)及 VPI/VCI(指标 3)统计信息。在 ATM 信元格式中，VPI 至少占 8 位，VCI 占 16 位，理论上需要对每个 VPI 及对应的 VCI 相关统计信息进行存储，假定每个表只占 8 位且只监测一条链路，则需要 2^{27} 位，即 128Mb 表空间。C-5 网络处理器^[5]中只有 32Mb 的表存储空间，显然不能满足需要。因此，只能以查表精确度为代价来满足硬件限制。

ATM FORUM 技术委员会规定^[6]，VPI/VCI 值是由用户和网络之间协商而得。分配 VPI/VCI 时应遵循以下规则：(1) VPI/VCI 值应该连续分配；(2) VPI/VCI 值均应从其最低位开始分配，即 VPI/VCI 值的选择都是从数值最小的开始，只有低位都不为 0 时，才会选择高位。因此，建立索引的参数为：(1) 需要访问的链路对应的端口 ID；(2) 需要查询的 VPI 号；(3) 需要查询的 VCI 号。在实际应用中，有 2 种查找格式，对指标 2，需要指定 VPI；对指标 3 需要指定 VPI/VCI。当用指定的 VPI 查找时，需要用到参数(1)，参数(2)；当用指定的 VPI，VCI 查找时，需要用到参数(1)、参数(2)及参数(3)。3 种查找的索引值都是 16 位。索引项建立方法如下：

(1) 当查找指标 2 时，使用的索引项称为 VP 索引。在 16 位的 VP 索引中，高 4 位(Index[15:12])为对应 CP 的端口 ID；低 12 位为要查找的 VPI 值；

(2) 当查找指标 3 时，使用的索引项称为 VC 索引。在 16 位的 VC 索引中，高 4 位(Index[15:12])为对应 CP 的端口 ID；Index[11:x] 为 VPI 的低 12-x 位；Index[x-1:0] 为 VCI 的低 x

位，x 的取值是在 C-5 初始化的时候设置的。

通过上述方法建立索引，可以灵活地指定用 VPI 和 VCI 的哪些位来形成索引值。通常有 3 种常用的索引形式：(1) NNI, index[15:0] = [CPID, VPI<9:0>, VCI<1:0>]。其中，使用 VPI 的后 10 位，VCI 的后 2 位；(2) UNI, index[15:0] = [CPID, VPI<5:0>, VCI<5:0>]。其中，使用 VPI 和 VCI 的后 6 位；(3) index[15:0] = [CPID, VCI<11:0>]。其中，使用 VCI 的后 12 位。

以上述方法建立索引，既减少了表空间的使用，又满足了各种对表的访问需求，减轻了查表的负担。但是在查找过程中可能出现冲突，即不同的 VPI/VCI 可能对应相同的索引项，导致查表错误，因此，本文提出了一种处理该冲突的方法，如图 2 所示。

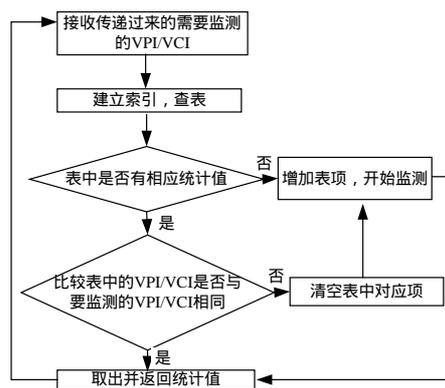


图 2 INDEX 冲突时的处理流程

一旦发生冲突，就可以对 VPI/VCI 值进行比较。此时，清空原有统计值，增加新表项，设置对应的 VPI/VCI 值，以此保证统计值的正确性。只有当外部模块指定的 2 条 VPI/VCI 出现冲突时，统计信息才会出现错误。当然，该情况出现的概率很小。

3 基于 C-5 网络处理器的实现

C-5 网络处理器^[5]具有高级编程及线速处理能力，为各种网络应用提供并行处理。C-5 包括 18 个可编程处理器，其中 16 个信道处理器 CP；1 个执行处理器 XP 及 1 个交换结构协处理器 FP；3 个可编程协处理器(QMU, BMU, TLU)。这 18 个处理器通过负载总线、环形总线及全局总线进行内部通信。

ATM 网络 OC-12 和 OC-3 链路的处理流程基本相似。以 OC-12 为例，信元处理过程如下(图 3)：

(1) CP8-11 获取由物理接口传输而来的 SONET 帧，提取 ATM 信元，分析头部字段信息，对 ATM 信元进行分类。该子模块依据获得的 VPI/VCI 向 TLU 发出查找请求，查找并更新对应的 VP、VC 统计指标。同时为每个 AAL5 PDU 分配 1 个缓冲区，将信元依次传送到该缓冲区中。

(2) 在 AAL5 PDU 传输结束后，CP8-11 组织 1 个消息(包含存储 ALL5 PDU 的缓冲区位置)，发送到 CP0-3 的消息队列中。

(3) CP0-3 从消息队列中取出消息，重组对应的 AAL5 PDU，剥离填充字段和尾部字段检查其合法性，查找并更新对应的 AAL5 统计指标。

(4) 完成对 AAL5 PDU 的重组后，得到 AAL5 SDU，于是组织一个消息，发送到 FP 的消息队列中。

(5) FP 从消息队列中取出 AAL5 SDU 消息，将消息所描述的 AAL5 SDU 拆分成适当大小的信元，由交换结构将之传递给外部处理器处理。

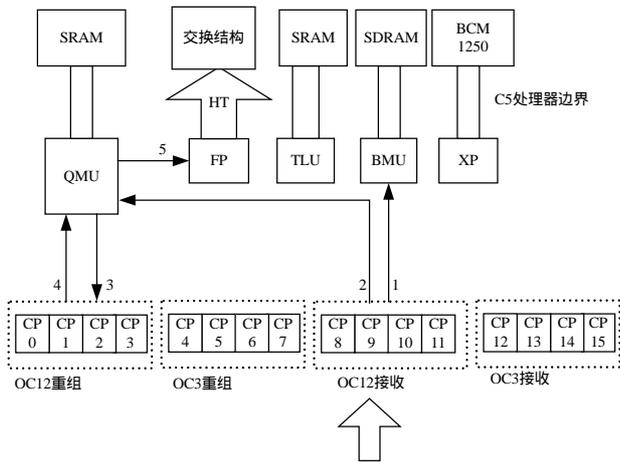


图3 信元接收处理过程

4 实验验证

在测试中,使用Navtel公司的测试仪表IW95000^[7]发送ATM信元,分别对OC-3, OC-12 链路进行测试:每条链路分别设置2种不同的链路利用率;设置3组不同的VPI/VCI值。测试结果如表1、表2所示(测试时间为30s)。

表1 OC-3 链路统计表

链路利用率/(%)	VPI/VCI (所占利用率)	VPI 统计 /cells	VPI/VCI 统计/cells	累计发送 /cells	累计接收 /cells
50	10/15 (30)	4 387 328	3 290 496	5 484 160	5 484 160
	10/20 (10)	1 096 832	1 096 832		
	0/32 (10)	1 096 832	1 096 832		
100	10/15 (33.3)	7 249 335	3 624 668	10 874 003	10 874 003
	10/20 (33.3)	3 624 668	3 624 668		
	0/32 (33.3)	3 624 668	3 624 667		

表2 OC-12 链路统计表

链路利用率/(%)	VPI/VCI (所占利用率)	VPI 统计 /cells	VPI/VCI 统计/cells	累计发送 /cells	累计接收 /cells
50	10/15 (30)	1 964 6942	15 113 033	24 180 852	24 180 852
	10/20 (10)	4 533 910	4 533 909		
	0/32 (10)	4 533 910	4 533 910		
100	10/15 (33.3)	30 141 583	15 070 792	45 212 378	45 212 376
	10/20 (33.3)	15 070 793	15 070 791		
	0/32 (33.3)	15 070 793	15 070 793		

表1是对OC-3链路的2种不同的链路利用率的测试。

(上接第109页)

MIPBT,随着负载的加重,其重传的概率增大,随负载的加重其平均延迟时间增加最快。负载加重时,MIPRS其性能要比MIPBT好。

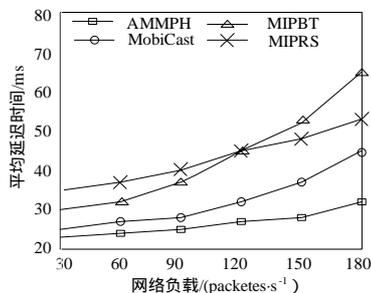


图14 组播报文传输延迟的比较

5 结论

本文提出了一种基于优先级的报文管理方法PDMM,有区别地对待不同类型的报文;采用这种方法可在整体上有效地减少传输延迟,特别是网络负载较重的时候。接着,提出

结果表明,系统能够达到线速。表2是对OC-12链路的统计结果,即当链路利用率高达100%时,丢包率小于0.0001%。可能发生丢包的原因主要是:由于信元速率增大,CP之间传递消息频繁,并且都需要访问外部SRAM,访存操作带来的开销增大,导致QMU部件处理失效等。总之,C-5网络处理器在做ATM网络被动流量测量时能实现相应的功能,达到监测的精确度,满足监测多条链路的集中监测需求,具有良好的性能。

5 结论

面向Internet的网络流量监测与分析是一个具有重要理论研究价值和广泛的实际应用背景的课题。本文基于网络处理器提出了ATM网络的被动测量方法,利用网络处理器快速高效的特点,结合“线速接收,线速统计”的设计思想,充分利用了硬件资源,系统有良好的性能。网络处理器高度灵活的可编程性和可扩展性,使得系统的开发时间大为缩短,增强了系统的实用性和市场竞争力。

参考文献

- 1 ECI Telecom Ltd White Paper: Integrating SDH and ATM in UMTS (3G) Access Networks[Z]. (2004-04). http://www.sevtsiti.ca/technologie/xdm_wp_atm_in_ums_networks.pdf.
- 2 Feamster N. Internet Measurement[Z]. (2006-06). <http://www-static.cc.gatech.edu/classes/AY2006/cs7260spring/lectures/L10.pdf>.
- 3 Fraleigh C, Diot C, Lyles B, et al. Design and Deployment of a Passive Monitoring Infrastructure[C]//Proc.of Passive and Active Measurement Workshop, Amsterdam, Netherlands. 2001.
- 4 Tanenbaum A. Computer Networks[EB/OL]. (2002-10). <http://authors.phptr.com/tanenbaumcn4>.
- 5 Motorola Corporation. C-5 Network Processor Architecture Guide[EB/OL]. (2000-07). <http://e-www.motorola.com/collateral/AC5NPD0-AG.PDF>.
- 6 ATM Forum. ATM User-Network Interface (UNI) Specification Version 4.1.af-arch-0193.000. (2002-04). <http://www.maforum.org/fip/pub/approved-specs/af-arch-0193.000.pdf>.
- 7 InterWatch Performance & Verification System[EB/OL]. (2006-01). <http://www.navtelcom.com/pdf/Interwatch.pdf>.

了一种基于层次结构的自适应移动组播路由协议AMMPH,在子网内和子网间自适应的分别采用隧道机制和远程签署作为组播路由协议,并且分别采用不同的应答机制和恢复机制来确保移动组播路由分组的高效可靠的传送。经仿真和分析可知,综合采用PDMM和AMMPH,在缩短报文传输平均延迟、减小组播分组丢失率、减少网络开销等方面有着较好的性能。

参考文献

- 1 Perkins C. Mobility Support for IPv4[S]. RFC3344, 2002.
- 2 Johnson D, Perkins C, Arkko J. Mobility Support in IPv6[Z]. (2003-09). draft-ietf-mobileip-ipv6-21.txt.
- 3 Lin C R, Wang K M. Mobile Multicast Support in IP Networks[C]//Proc. of the INFOCOM'00. Tel Aviv: IEEE Computer Society Press, 2000: 1664-1672.
- 4 Lai J R, Liao W J. Mobile Multicast with Routing Optimization for Recipient Mobility[J]. IEEE Trans. on Consumer Electronics, 2001, 47(1): 199-206.