

# 基于流体流模型的网络话音复用器有限缓冲的近似分析

张磊<sup>1,2</sup>, 田畅<sup>1</sup>, 郑少仁<sup>1</sup>

(1. 南京通信工程学院 110 信箱, 江苏南京 210016; 2. 东南大学国家移动通信重点实验室, 江苏南京 210096)

**摘要:** 本文基于流体流模型分析了网络话音复用器中有限缓冲的丢失特性。通过仿真实验, 发现对于突发度较高的话音源模型, 采用流体流模型可以较好地预测丢失特性的趋势, 但是误差较大。而通过拟合后修正的公式可以更加精确地得出丢失率的数值解。

**关键词:** 流体流; 缓冲; 话音; 拟合

**中图分类号:** TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2001) 07-0978-03

## Approximate Analysis of Limited Buffer in Packet-Voice Multiplexer Based on Flow Fluid Model

ZHANG Lei<sup>1,2</sup>, TIAN Chang<sup>1</sup>, ZHENG Shao-ren<sup>1</sup>

(1. Nanjing Institute of Communications Engineering, Box 110, Nanjing, Jiangsu 210016, China;

2. National Mobile Communications Lab. of Southeast University, Nanjing, Jiangsu 210096, China)

**Abstract:** In this paper, we analyze the property of loss in a packet voice multiplexer with limited buffer based on flow-fluid model. From the simulation, we find that, in the multiplexing of such bursty voice sources, the flow-fluid model can depict out the trend of loss with a bit more gap. A more accurate solution of loss could be obtained with our fitting analysis of modified formula from flow-fluid model.

**Key words:** flow fluid; buffer; voice; fitting

### 1 模型的建立

在因特网这一类的分组数据通信网络上, 往往用缓冲为共享带宽的数据应用换取很低的丢失率。但是当话音应用广泛用于分组通信网络时, 发现其服务质量容易受延迟或延迟抖动的影响, 所以在设计分组话音的接入复用器时应当重新考虑缓冲的设计策略。此外, 从区分服务体系的要求来看, 为了使得服务等级可以被用户所接受, 对丢失率的数量级作精确预测也显得比较重要。为此我们研究的目标是: 在多个分组话音源叠加输入时, 具有有限缓冲的接入复用器会出现多大的丢失。我们之所以要考虑有限容量的缓冲区, 目的在于: 其一、从实际应用的场合来看, 真正无限容量的缓冲是没有的; 其二、从实时应用自身的角度出发, 有限缓冲可被用于确定排队时延的上限。

我们在分析和仿真中使用经典的 ON-OFF 话音源模型<sup>[1,6]</sup>, 其突发时间长度是服从负指数分布的随机变量, 均值为 352ms; 其静默时间长度也是服从负指数分布的随机变量, 均值为 650ms; 突发时话音的编码速率选用了 32kb/s (ADPCM)<sup>[6]</sup>。

从数学的角度来看, 接入复用器系统可以认作是一个排队模型。如果把多个话音源形成的叠加流视作一个泊松流, 那么就可以借用经典排队论中的一些分析过程和数学结果, 但是从文献[1]中发现由此得出的结论与仿真结果有一定的差

距。文献[3]指出用半马尔可夫链方法时计算复杂度与排队容量大小的立方成正比, 因此也无法用于较大容量缓冲区的性能分析。

与上述两种过于简略或复杂的方法相比, 采用流体流模型是一种计算比较简单、物理意义明确的模型。它忽略到达过程及排队队长离散性质, 将到达及队长变化看成连续变化。流体流模型的计算复杂度与排队容量大小无关, 这是一个优良性质。它在计算中的困难之处是: 其一, 特征值及特征向量的求取, 在用户维数较大的情况下, 稳定的数值解较难获得。其二, 对于缓冲较少的场合, 流体流模型虽然能够反映丢失率参数的趋势, 但是给出的数值解误差较大。

基于对流体流模型的如上性质分析, 由于该模型能够反映丢失特性的趋势, 只是存在计算困难和数值解的误差, 所以就考虑通过大量仿真得出结论后进行拟合以修正近似公式, 从而得出经验公式。在选择拟合参数的范围时考虑了如下两点: (1) 由于网络话音对时间延迟比较敏感, 那么为保障在复用器中等待时间小于 10ms, 较大的缓冲设置是没有意义的; (2) 网络话音复用器的规模是有限的, 不需要在实际不存在的用户数目上求解。

本文主要考虑用户数目、缓冲区数目和丢失率的关系。对于系统负荷 $\rho$ , 当它比较小时, 虽然流体流模型误差较大, 但是此时分组丢失率和时间延迟都容易得到保证。基于这种考

收稿日期: 2000-04-05; 修回日期: 2001-01-15

基金项目: 国家“863”计划基金 (No. 863-300-02-04-99)

虑, 根据文献[1, 8], 将系统负荷  $\rho$  设置在比较繁忙的一个固定值.

如果系统用户数目为  $N$ , 而依据突发速率链路容量可容纳用户数目为  $C$  的话, 那么依照固定的系统负荷就可以确定实际链路容量. 依据流体流模型的定义, 需要将常用的排队模型参数作相应的转换. 有关参数的意义如下:

$L$ : 语音分组的时间长度 16ms, 语音分组的长度为  $32 \times 16 \div 8 = 64$  字节

$V$ : 突发时语音分组的速率  $32\text{kb}/(64 \times 8\text{b}) = 62.5$  个分组/秒

$1/\alpha$ : 突发平均时间长度 352ms,  $\alpha = 1/0.352$

$1/\lambda$ : 静默平均时间长度 650ms,  $\lambda = 1/0.65$ ;  $\gamma = \lambda/\alpha = 0.5415$ ;

$\rho$ : 服务系统接受的负荷  $\rho = [\gamma/(1+\gamma)] \cdot (N/C) = 0.878203 < 1$

由文献[5]给出的矩阵微分方程的近似解, 可以得到流体流模型关于缓冲占有率的近似公式:

$$P[\text{缓冲区长度} > i] = A_N \cdot \rho^N \cdot e^{-r \cdot \alpha \cdot i/V} \tag{1}$$

其中起决定性作用的解矩阵特征值  $r$  为

$$r = (1 - \rho)(1 + \gamma)/[1 - (C/N)] \tag{2}$$

将所有参数代入式(1)可以得到具体的表达式:

$$P[\text{缓冲区长度} > i] \sim A_N \cdot 0.878203^N \cdot e^{-0.01422 \times i} \tag{3}$$

式(3)将作为文中拟合的基础, 其中  $A_N$  是一个与系统用户数目  $N$  有关的函数, 而  $i$  是缓冲区的数目.  $A_N$  的确定需要对矩阵微分方程作出更加精确的解, 而这正是前述流体流模型的困难所在. 文献[1]对  $A_N$  作进一步的近似即  $A_N \approx 1$ , 那么在对式(3)作仿真时往往会产生数量级的误差. 这样以修正为目的考虑拟合的公式为:

$$P[\text{有限缓冲区 } i \text{ 溢出引发丢失}] \sim A \cdot e^{-B \times i} \tag{4}$$

其中  $A$  和  $B$  分别是与系统用户数目  $N$  相关的函数.

2 仿真与拟合结果

在 Linux 平台上使用 ns-2.1b6 的网络仿真器进行了仿真, 仿真时间为 7050s, 丢弃了开始的 450s. 首先针对不同用户数目 100~250 间的丢失概率作仿真, 缓冲数目的设定保持在 10ms 附近的时延限制, 然后在接入用户数目不同的条件下, 对式(4)作非线性拟合. 表 1 的第一列和第二列中给出了式(4)的两个参数  $A$  和  $B$  的拟合结果.

表 1 拟合结果与仿真结果的比较

用户数目	$B$	$A$
100	0.02190431	1.162839
115	0.02202821	0.951634
140	0.0207818	0.649496
155	0.01968385	0.52789
170	0.01874784	0.420571
180	0.0185196	0.420571
185	0.01868236	0.365443
190	0.01841024	0.34544
200	0.01779402	0.297886
210	0.01721389	0.262894
225	0.01705434	0.228368
240	0.01761393	0.195145

其次, 依据式(1)的形式对参数作进一步的拟合, 拟合的基础来源于对表 1 数据的观察. 对  $A$  作非线性拟合, 对  $B$  作线性拟合, 可表示为:

$$A = A_1 \cdot C^N \tag{5}$$

$$B = B_1 \cdot N + D \tag{6}$$

对于式(5)和(6)拟合后各参数结果如下:  $A_1 = 5$ ;  $C = 0.98571261126$ ;  $B_1 = -0.000039$ ;  $D = 0.258693$ .

于是得到:

$$P[\text{分组溢出缓冲区 } i \text{ 丢失}] = 5 \times (0.98571261126)^N \times e^{-(1.81927 - 0.002742 \times N) \times 0.01422 \times i} \tag{7}$$

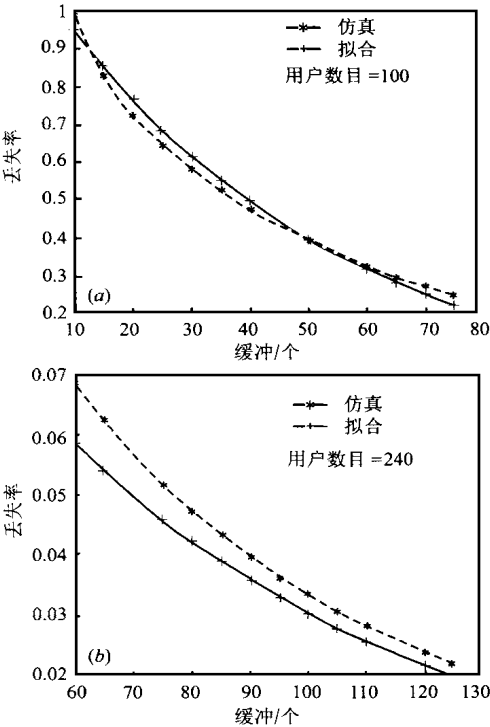


图 1 经验公式与仿真效果比较图

图 1 给出上下边界用户数目最终拟合结果和仿真结果的对比如, 可以发现吻合程度比较好. 图中缓冲容量较大时, 拟合曲线与实验曲线更加接近, 这个现象恰好符合流体流模型的假设. 当缓冲容量足够大时, 缓冲数目的离散性可以被忽略. 而分组的到达可以更加精确地用连续变化来近似.

3 讨论

本文基于流体流模型分析了网络语音复用器中有限缓冲的丢失特性. 通过仿真实验和拟合的经验公式(7), 体会到该模型在反映丢失特性上所表现出的一些特点. 我们认为对于文中这种突发度较高的语音源模型(方差/均值平方=18.1), 采用流体流模型是可以较好预测丢失特性的趋势, 通过拟合后修正的公式可以更加精确地求出丢失的数值解. 我们求解整个经验公式的过程不仅适用于既定的语音源, 对于一些突发性较强的多媒体应用流也具有一定的参考价值.

参考文献:

[1] Mischa Schwartz. 宽带网络性能分析(英文影印版)[M]. 北京:

## CCICS' 2001 会议在沪召开

由上海交通大学主办、中国科学院信息安全国家重点实验室协办的第二届“中国信息和通信安全学术会议(CCICS' 2001)”, 于 2001 年 5 月 14 日至 17 日在上海交通大学成功举行. 本次学术会议得到了上海市信息化办公室、上海市国家保密局、上海市国家密码管理委员会办公室、国家信息安全测评认证中心上海测评中心的支持, 来自全国各地 160 多位信息安全方面的专家和学者、上海市主管信息技术和安全保密工作的有关领导, 以及若干致力于我国信息安全产业的企业界代表出席了本次会议.

大会邀请了一些著名的信息安全与网络安全方面的专家, 如西安电子科技大学教授、上海交通大学兼职教授肖国镇先生作了“信息安全与密码技术发展”的报告, 西安电子科技大学的王育民教授作了“信息安全的若干问题”的报告, 中科院信息安全国家重点实验室主任赵战生教授作了“攘外勿忘安内”的讲演. 特别是, Entrust 公司的国际著名信息安全专家、IDEA 密码算法的设计者来学嘉博士也专程从瑞士赶来, 作了“PKI 技术与国际密码标准”的报告. 来自国内有关部门、

高校、科研院所及部分信息安全企业的代表, 就大家共同关心的应用密码技术、电子商务安全、Internet 和 Intranet 的安全、安全模型、数字水印技术、操作系统安全和密钥管理与恢复等方面进行了广泛的讨论和交流. 同时, 大会安排了一个信息安全发展战略座谈会, 围绕着信息与通信安全方面的基本政策法规、信息安全产品检测及认证的国家、国际标准和国家密码管理条例等问题进行了讨论和交流. 上海市国家保密局、上海市国家密码管理委员会办公室、国家信息安全测评中心、公安部计算机信息系统安全产品质量检测中心的领导同志做了专题报告.

会议期间, 部分专家还针对上海交通大学计算机系和上海交通大学信息安全工程学院的规划建设, 就如何加强信息安全学科建设、信息安全人才培养, 为我国在信息安全方面的产学研协调发展, 提出了许多很好的建议. 本次会议的论文集已由科学出版社出版发行.

(陈克非 上海交大)

清华大学出版社, 1998: 41- 45.

- [ 2 ] D Minoli, E. Minoli. Delivering Voice over IP Networks [ M ]. USA: John Wiley & Sons, Inc. 1998: 92- 93.
- [ 3 ] 徐树公, 黄载祿, 姚彦. 现代通信研究中的排队理论 [ J ]. 通信学报, 1999, 20( 2 ): 92- 96.
- [ 4 ] Ramesh Nagarajan, James F Kurose, Don Towsley. Approximation techniques for computing packet loss in finite buffered voice multiplexers [ J ]. IEEE J. Select. Areas Commun., 1991, 9( 3 ): 368- 377.
- [ 5 ] Andrea Baiocchi, Nicola Blefari Melazzi, Marco Listanti, Aldo Roveri, Roberto Winkler. Loss performance analysis of an ATM multiplexer Loaded with high speed ON- OFF sources [ J ]. IEEE J. Select. Areas Commun., 1991, 17( 1 ): 388- 393.
- [ 6 ] K Sriam, W Whitt. Characterizing superposition arrival processes in packet multiplexers for voice and data [ J ]. IEEE J. Select. Areas Commun., 1986, SAC 4: 833- 846.
- [ 7 ] 张晋红. 中国电信 IP 电话实验网 [ J ]. 电信科学, 1999, 15( 4 ):

31- 33.

- [ 8 ] Diagle J N, J D Langford. Models for analysis of packet voice communication systems [ J ]. IEEE J. Select. Areas Commun., 1986, SAC 4: 847- 855.

### 作者简介:

张 磊 男, 2000 年博士, 毕业于南京通信工程学院, 现在东南大学从事博士后研究. 研究兴趣为: 因特网实时业务传送、分组网络服务质量支持和话音应用性能评估.

田 畅 男, 2001 年博士, 毕业于南京通信工程学院, 研究兴趣为: 分组并行交换体系、宽带网络性能分析和高速路由器研究与实现.

郑少仁 男, 教授, 博士生导师. 现为南京通信工程学院全军交换技术与 ATM 研究中心主任, 中国通信学会会士, 中国电子学会会士. 长期从事程控交换与宽带通信网方面的教学与研究工作.