

# AAL2 分组语音复接器缓冲器队列容量的确定方法<sup>1</sup>

魏立军 刘增基

(西安电子科技大学综合业务网国家重点实验室 西安 710071)

**摘要** 该文研究 AAL2 分组语音复接器缓冲器队列容量的确定方法, 提出并从理论上证明用语音分组的最大排队时延为 9ms 作为确定缓冲器队列容量的标准, 可很好地满足分组语音业务服务质量要求的结论, 并推导出缓冲器队列容量及门限值的计算公式。仿真结果表明: 按作者提出的方法确定缓冲器队列容量及门限值, 可获得较低的分组丢弃概率和较小的平均分组排队时延; 在满足分组语音业务服务质量要求的前提下, 减少了语音分组缓冲器队列的容量, 是一种很好的确定缓冲器队列容量和门限值的方法。

**关键词** 分组语音, ATM, AAL2, 比特丢弃

**中图分类号** TN916.1

## 1 引言

低比特率语音压缩编码算法以及语音静默检测与消除技术的应用, 大大节约了语音传输所需的带宽, 使得用分组网络承载压缩语音业务成为网络研究的热点。在分组网络技术中, ATM 能比较理想地承载语音业务。在 ATM 中, 主要采用 AAL1 和 AAL2 来承载语音业务。与 AAL1 相比, AAL2 既可以承载恒定比特率语音业务, 也可以承载可变比特率语音业务; 通过对其所承载的数字语音进行适当的压缩, 对语音呼叫进行静默检测和消除, 可获得低的分组时延和高的带宽利用率; 并可用一条 ATM 连接支持多个用户信道, 带宽利用率高。AAL2 代表着用 ATM 承载分组语音业务的发展方向。

本文根据分组语音业务的特点和服务质量要求, 特别是在 AAL2 分组语音复接器中, AAL2 语音分组的平均分组排队时延要小于 5ms 和分组丢弃概率要小于  $10^{-4}$  的要求, 研究 AAL2 分组语音复接器缓冲器队列容量的确定方法。提出并证明用语音分组的最大排队时延为 9ms 作为缓冲器队列容量的确定标准可很好地满足分组语音业务服务质量要求, 并推导出缓冲器队列容量及门限值的确定公式。理论分析与仿真结果表明, 按本文提出的方法确定缓冲器队列的容量及门限值, 在满足分组语音业务服务质量要求的前提下, 节约了缓冲器队列的容量, 实现简便, 是一种很好的确定缓冲器队列容量及门限值的方法。

## 2 AAL2 分组语音复接器原理

AAL2 用于在 ATM 虚通路 (ATM VC) 上有效传输语音、传真以及话带数据<sup>[1-4]</sup>, 并通过有选择地丢弃语音分组中较不重要的比特来缓解复接器的拥塞状态。

在 AAL2 分组语音复接器中<sup>[1,2]</sup>, 各路语音数据被分成一定长度的分组, 形成 AAL2 分组的语音信息域; 语音信息域前加一个 3 字节的 AAL2 分组头形成 AAL2 分组。此后, AAL2 分组被填充到 ATM 信元载荷域中, 形成 53 字节的 ATM 信元, 通过 ATM VC 传送。若对话音采用 32kb/s 的 G.727 E-ADPCM<sup>[5]</sup> 编码和静默消除, 且选择分组占用时长为 5ms, 则每个 AAL2 分组的语音信息域共有 40 个采样点, 每个采样点 4 bit, AAL2 语音分组长度为 23 byte。采用比特丢弃时, 40 个采样点中最重要的比特放入 AAL2 语音分组信息域的第 3 块, 最不重要的比特放入信息域的第 0 块, 比较重要的比特放入第 2 块和第 1 块。因此, 20 个字节长的 AAL2 语音分组信息域中, 每一块为 5 个字节长。当发生拥塞时, 首先丢弃块 0, 其次丢弃块 1。采用比特丢弃时, AAL2 语音分组缓冲器队列中的语音分组排队队长与三个门限值 ( $Q_1, Q_2, K$ ) 相比较以确定如何进行比特丢弃。比特丢弃的算法示于表 1 中。在本文, 均按以上假设进行分析。

表 1 比特丢弃算法

缓冲器队列长度 ( $L_q$ )	AAL2 分组块丢弃	分组长度 (byte)
低 ( $0 \leq L_q \leq Q_1$ )	无比特丢弃	23
中 ( $Q_1 < L_q \leq Q_2$ )	丢弃第 0 块	18
高 ( $Q_2 < L_q \leq K - 1$ )	丢弃第 0 块和第 1 块	13
溢出 ( $L_q \geq K$ )	丢弃整个分组	0

<sup>1</sup> 2000-04-06 收到, 2000-10-18 定稿

### 3 AAL2 分组语音复接器性能分析

在带比特丢弃的 AAL2 分组语音复接器中, 语音分组缓冲器队列的容量和比特丢弃阈值的选取方法, 直接影响着分组语音复接器的分组丢弃概率和平均分组排队时延, 从而影响分组语音服务质量。对于带比特丢弃的 AAL2 分组语音复接器而言, 分组丢弃概率要小于  $10^{-4}$ , 每采样点平均比特数要大于 3.7, 语音分组在语音分组缓冲器队列中的平均分组排队时延要小于 5ms, 此时, 所得的语音质量令人满意<sup>[2]</sup>。当 ATM VC 的带宽利用率一定时, 为了减小分组丢弃概率, 可以适当增大 AAL2 语音分组缓冲器队列的容量。随着缓冲器队列容量的增加, 分组丢弃概率减小, 平均分组排队时延增大。但如果缓冲器队列的容量过大, 语音分组在语音分组缓冲器队列中的排队时延过长, 将造成端到端分组传送时延增加很多, 反而不利于语音服务质量的提高。而且缓冲器队列的容量过大, 浪费硬件资源。因此, 在满足分组丢弃概率和每采样点平均比特数要求的前提下, 应尽量减小缓冲器队列的容量, 以获得低的平均分组排队时延, 并节约硬件资源。下文研究当 ATM VC 的带宽利用率恒定时, AAL2 分组语音复接器主要性能指标随缓冲器队列容量的变化情况。

在语音分组缓冲器队列的输入端和输出端进行比特丢弃的两种 AAL2 分组语音复接器性能相当, 在此, 只讨论在输出端进行比特丢弃的 AAL2 分组语音复接器。

令 AAL2 分组语音复接器的 ATM VC 的输出速率为  $C_L$ , AAL2 分组语音复接器中语音分组缓冲器队列的输出速率为  $C$ , 单位为 bit/s。因为 53 字节的 ATM 信元中只有 47 个字节用于传送 AAL2 语音分组, 则  $C_L$  和  $C$  的关系为  $C = (47/53) \times C_L$ 。

确定  $K$ ,  $Q_1$  和  $Q_2$  值时, 可令  $K$  的值相应于  $T(\text{ms})$  的时延,  $Q_1$  和  $Q_2$  的值分别相应于  $T/3$  和  $2T/3(\text{ms})$  的时延, 单位均为分组, 则可得  $Q_1$ ,  $Q_2$  和  $K$  的近似计算公式为

$$Q_1 = C \times T \times 10^{-3} / (23 \times 8 \times 3) \quad (1)$$

$$Q_2 = C \times 2 \times T \times 10^{-3} / (23 \times 8 \times 3) \quad (2)$$

$$K = C \times T \times 10^{-3} / (23 \times 8) \quad (3)$$

$Q_1$  和  $Q_2$  值在 (1) 式和 (2) 式所确定的值周围变化时, 对语音质量的影响很小<sup>[2,3]</sup>, 因此, 本文按 (1) 式和 (2) 式来确定  $Q_1$  和  $Q_2$  值。

在语音分组缓冲器队列的输出端进行比特丢弃的 AAL2 分组语音复接器模型可用  $M/D'/1/K$  模型来准确表示<sup>[2]</sup>。其中,  $D'$  代表服务时间随状态改变的确定时间服务。令  $D_4, D_3, D_2$  分别为对 23, 18, 13 字节长的分组的服务时间;  $\lambda$  为平均分组到达率;  $\rho$  为无比特丢弃时, ATM VC 的带宽利用率;  $(\pi_0, \pi_1, \dots, \pi_{K-1})$  为达到稳定状态时队列长度概率向量。则可得  $\lambda D_4 = \rho$ ,  $\lambda D_3 = (18/23)\rho$ ,  $\lambda D_2 = (13/23)\rho$ 。

马尔可夫状态转移概率矩阵如文献 [2] 中 (15) 式所示。其中

$$a_i = e^{-\lambda D_4} (\lambda D_4)^i / i! = e^{-\rho} \rho^i / i! \quad (4)$$

$$b_i = \frac{e^{-\lambda D_3} (\lambda D_3)^i}{i!} = \left\{ e^{(-18/23)\rho} \left( \frac{18}{23} \rho \right)^i \right\} / i! \quad (5)$$

$$c_i = \frac{e^{-\lambda D_2} (\lambda D_2)^i}{i!} = \left\{ e^{(-13/23)\rho} \left( \frac{13}{23} \rho \right)^i \right\} / i! \quad (6)$$

令  $\tau$  为平均分组服务时间,  $\bar{\rho}$  为 ATM VC 的平均带宽利用率, 则可得

$$\tau = \left\{ D_4 \sum_{i=0}^{Q_1} \pi_i \right\} + \left\{ D_3 \sum_{i=Q_1+1}^{Q_2} \pi_i \right\} + \left\{ D_2 \sum_{i=Q_2+1}^{K-1} \pi_i \right\} \quad (7)$$

$$\bar{\rho} = \lambda \times \tau = \left\{ \rho \sum_{i=0}^{Q_1} \pi_i \right\} + \left\{ \frac{18}{23} \rho \sum_{i=Q_1+1}^{Q_2} \pi_i \right\} + \left\{ \frac{13}{23} \rho \sum_{i=Q_2+1}^{K-1} \pi_i \right\} \quad (8)$$

则分组丢弃概率  $P_L$ , 平均分组排队时延 EW 和每采样点平均比特数  $b_a$  分别为

$$P_L = (\pi_0 + \bar{\rho} - 1) / (\pi_0 + \bar{\rho}) \quad (9)$$

$$EW = \sum_{i=1}^{K-1} i\pi_i / [\lambda(1 - P_L)] \quad (10)$$

$$b_a = \left( 4 \sum_{i=0}^{Q_1} \pi_i + 3 \sum_{i=Q_1+1}^{Q_2} \pi_i + 2 \sum_{i=Q_2+1}^{K-1} \pi_i \right) (1 - P_L) \quad (11)$$

当  $T$  和  $\rho$  值确定时, 即可由上述公式求出分组丢弃概率、平均分组排队时延和每采样点平均比特数。下面分析  $T$  取不同值时, 分组丢弃概率和平均分组排队时延随 ATM VC 变化的情况。

#### 4 语音分组缓冲器队列容量的确定方法

对于传统语音而言, 单向端到端分组传送时延允许值为 100ms 到 150ms。因此, 对分组语音复接器而言, 语音分组的时延可定为 20ms。若扣除对语音分组的处理开销, 则语音分组在语音分组缓冲器队列中的排队时延不应超过 15ms。文献 [2] 选择  $(Q_1, Q_2, K)$  值时, 近似取  $Q_1$  的值相应于时延为 5ms 的排队队长,  $Q_2$  的值相应于时延为 10ms 的排队队长,  $K$  的值相应于时延为 15ms 的排队队长。设计 AAL2 分组语音复接器时, 应在满足分组语音服务质量要求的前提下, 尽量减少缓冲器队列的容量。用 15ms 作为  $K$  值的确定标准, 不一定是最佳选择。最佳选择应在取  $(Q_1, Q_2, K)$  的值满足分组丢弃概率小于  $10^{-4}$ , 平均分组排队时延小于 5ms, 每个采样点平均比特数大于 3.7 的同时, 尽量减少缓冲器队列的容量。由于语音分组在语音分组缓冲器队列中的最大排队时延不应超过 15ms, 因此, 令  $K$  的值分别相应于  $T$  为 15ms, 12ms, 9ms 和 6ms, 带入上文所述公式中, 并取无比特丢弃时, ATM VC 的带宽利用率  $\rho$  为 1.0, 对应于按平均速率分配带宽, 则可得分组丢弃概率、平均分组排队时延和每个采样点平均比特数的理论计算值如图 1 所示。(× 为缓冲器队列容量相应于 15ms 的计算值; + 为缓冲器队列容量相应于 12ms 的计算值; • 为缓冲器队列容量相应于 9ms 的计算值; ○ 为缓冲器队列容量相应于 6ms 的计算值。)

从图 1 可以看出, 随着缓冲器队列容量的增加, 分组丢弃概率减小, 平均分组排队时延增大, 每采样点平均比特数增加。当缓冲器队列容量相应于 6ms 时, 分组丢弃概率的最大值超过  $10^{-4}$ , 每采样点平均比特数的最小值小于 3.7, 不能满足带比特丢弃的 AAL2 分组语音复接器语音服务质量要求。当缓冲器队列容量相应于 15ms 时, 分组丢弃概率低于  $10^{-7}$ , 每采样点平均比特数一般大于 3.8, 远高于 AAL2 分组语音复接器服务质量要求, 但平均分组排队时延较大。对于缓冲器队列容量相应于 9ms 的情况, 分组丢弃概率小于  $10^{-4}$ , 每采样点平均比特数大于 3.7, 平均分组排队时延在 1 到 3ms 之间, 此时的话音质量好, 且缓冲器队列的容量较小, 适合于作为 AAL2 分组语音复接器缓冲器队列容量的确定标准。从以上分析可知, 用 (3, 6, 9)ms 作为  $(Q_1, Q_2, K)$  值的确定标准是比较适合的。

此外, 从图 1 可以看出, 随着 ATM VC 输出速率的增加, 分组丢弃概率和平均分组排队时延减小。为了确保分组语音服务质量要求得到满足并简化  $(Q_1, Q_2, K)$  值的确定方法, 可令 ATM VC 的输出速率小于 400kb/s 时,  $(Q_1, Q_2, K)$  值为 (6, 12, 18)。当 ATM VC 的输出速率大于 1000kb/s 时, 如果仍按 (1)-(3) 式确定  $(Q_1, Q_2, K)$  值, 则缓冲器队列的容量越来越大, 而此时的分组丢弃概率和平均分组排队时延已经很小, 靠增加缓冲器队列的容量不能明显改善分组语音的质量, 实现起来却要付出更大的代价。因此, 令 ATM VC 大于 1000kb/s 时,  $(Q_1, Q_2, K)$  值为 (15, 30, 45), 这样, 既可以得到令人满意的话音, 又可以简化 AAL2 分组语音复接器缓冲器队列的实现。而 ATM VC 的输出速率在 400kb/s 至 1000kb/s 之间时,  $(Q_1, Q_2, K)$  值按 (1)-(3) 式来确定, 其中,  $T$  为 9ms。综上所述, AAL2 分组语音复接器缓冲器队列门限值的确定方法如表 2 所示。

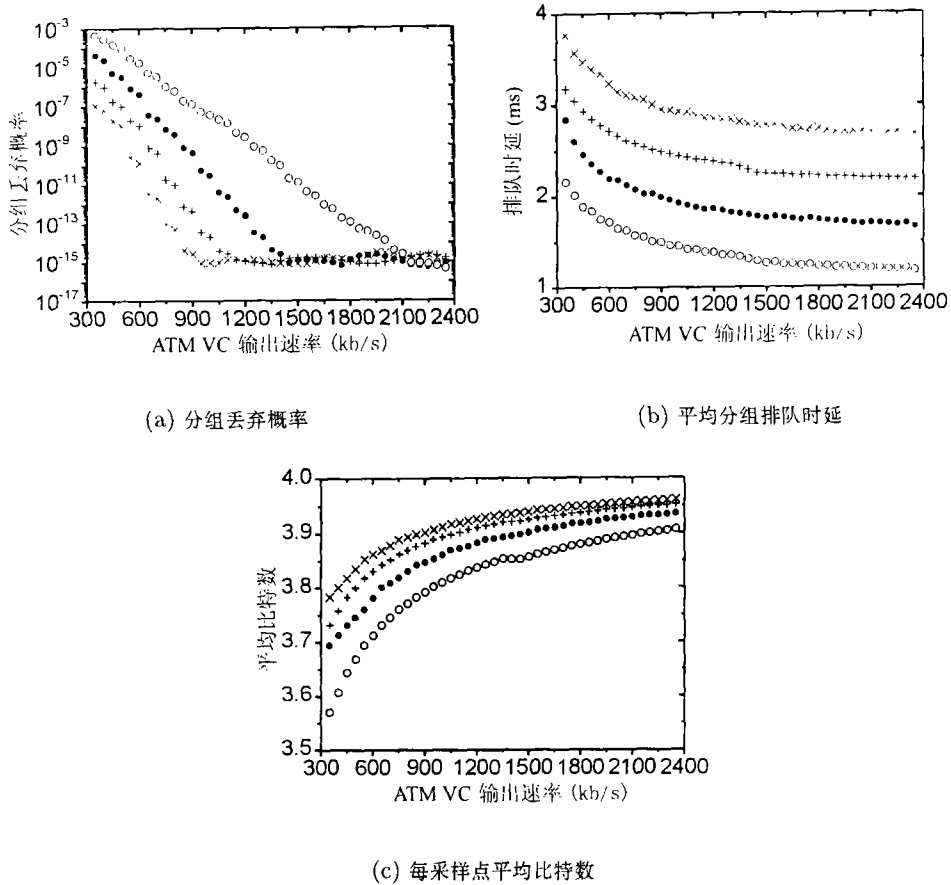


图 1 语音分组性能变化图

表 2 缓冲器队列容量及阈值的确定方法

ATM VC 输出速率 $C_L$ (kb/s)	$Q_1$ (分组)	$Q_2$ (分组)	$K$ (分组)
$C_L \leq 400$	6	12	18
$400 < C_L \leq 1000$	$\lfloor \frac{C_L}{70} \rfloor$	$\lfloor \frac{C_L}{35} \rfloor$	$\lfloor \frac{C_L}{23} \rfloor + 1$
$C_L > 1000$	15	30	45

表 2 中,  $\lfloor x \rfloor$  表示  $x$  的整数部分。当采用表 2 中所述的 AAL2 分组语音复接器缓冲器队列容量及阈值的确定方法, 且选择无比特丢弃时 ATM VC 的带宽利用率为 1.0 时, 分组语音性能变化如图 2 中所示。由图 2 可以看出, 分组丢弃概率小于  $10^{-4}$ , 平均分组排队时延小于 4ms, 每个采样点平均比特数大于 3.7, 满足分组语音业务服务质量的要求。

从图 1 和 2 可以看出, 当 ATM VC 带宽利用率一定时, 随着 ATM VC 输出速率的增加, 分组丢弃概率和平均分组排队时延减小, 每采样点平均比特数增加, 分组语音性能提高。因此, AAL2 分组语音复接器应尽量工作在较高输出链路速率上。

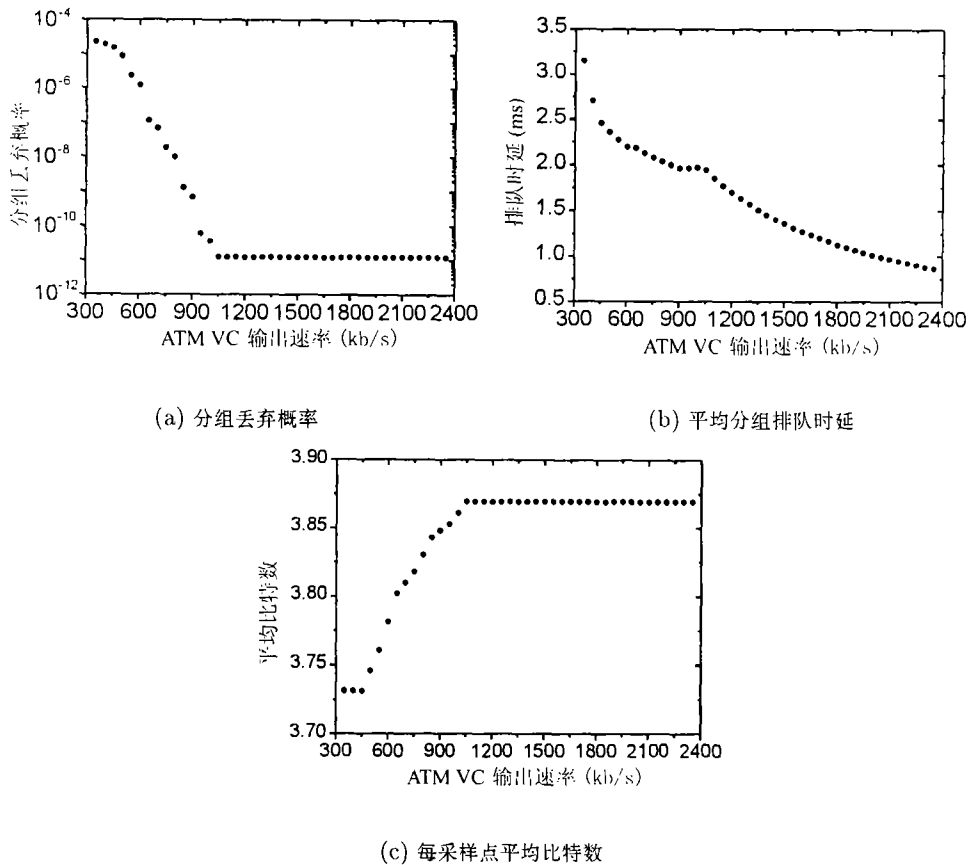


图 2 分组话音性能变化图

5 计算机仿真及讨论

本节, 作者对 ATM VC 为 384kb/s, 768kb/s, 1152kb/s, 1536kb/s 和 2048kb/s 的情况进行了计算机仿真。进行计算机仿真时, 假定话音采用 G.727 32kb/s E-ADPCM 编码, AAL2 分组占用时长为 5ms, 则 AAL2 话音分组长度为 23 字节; 每秒钟话音源处于突发期的平均时间为 0.4s, 处于静默期的平均时间为 0.6s, 突发期与静默期服从负指数分布。处于突发期时, 话音源每隔 5ms 产生一个 AAL2 话音分组。无比特丢弃时 ATM VC 的带宽利用率为  $\rho = 1.0$ 。仿真结果如表 3 所示。

表 3 仿真结果

ATM VC 输出速率 (kb/s)	话音源 个数 $\rho = 1.0$	缓冲器队列门限值			分组丢弃 概率	平均分组 排队时延 (ms)	每个采样点 平均比特数
		$Q_1$	$Q_2$	$K$			
384	23	6	12	18	$7.300 \times 10^{-5}$	1.8456	3.7011
768	46	11	22	35	$< 10^{-6}$	1.5681	3.7231
1152	69	15	30	45	$< 10^{-6}$	1.4561	3.7344
1536	92	15	30	45	$< 10^{-6}$	0.9899	3.7894
2048	123	15	30	45	$< 10^{-6}$	0.8341	3.7847

从仿真结果可以看出, 分组丢弃概率小于  $10^{-4}$ , 每采样点平均比特数大于 3.7, 平均分组排队时延低于 2ms, 完全满足分组话音业务服务质量要求。由此可见, 用 (3,6,9)ms 作为  $(Q_1, Q_2, K)$  值的确定标准, 话音服务质量要求完全得到满足, 缓冲器队列容量与文献 [2] 中所确定的缓冲器队列容量相比大大降低。按表 2 所给出的方法确定缓冲器队列容量及比特丢弃门限值时, 计算简单, 节约了缓冲器队列容量。

## 6 结束语

本文针对带比特丢弃的 AAL2 分组话音复接器, 提出并证明了用  $(3, 6.9)\text{ms}$  作为  $(Q_1, Q_2, K)$  值的确定标准, 可以很好地满足话音服务质量要求的结论, 并给出了  $(Q_1, Q_2, K)$  值的计算公式。仿真结果证实本文提出的话音分组缓冲器队列容量和门限值的确定方法, 在满足分组话音服务质量要求的前提下, 节约了缓冲器队列的容量, 简化了实现难度, 适合于作为带比特丢弃的 AAL2 分组话音复接器缓冲器队列门限值的确定方案。

## 参 考 文 献

- [1] K. Sriram, T. G. Lyons, Y. T. Wang, Anomalies due to delay and loss in AAL2 packet voice systems: Performance models and methods of mitigation, IEEE J. on SAC., 1999, SAC-17(1), 4-17.
- [2] K. Sriram, Y. -T. Wang, Voice over ATM using AAL2 and bit dropping: Performance and call admission control, IEEE J. on SAC., 1999, SAC-17(1), 18-28.
- [3] K. Sriram, D. M. Lucantoni, Traffic smoothing effects of bit dropping in a packet voice multiplexer. IEEE Trans. on Commun., 1989, COM-37(7), 703-712.
- [4] K. Sriram, W. Whitt, Characterizing superposition arrival processes in packet multiplexer for voice and data, IEEE J. on SAC., 1986, SAC-4(6), 833-846.
- [5] ITU-T Recommendation G.727: 5-, 4-, 3-, and 2-bits Sample Embedded Adaptive Differential Pulse Code Modulation(ADPCM), Geneva, CH: ITU, 1990.

## STUDY ON THE BUFFER SIZE OF AAL2 PACKET VOICE MULTIPLEXER

Wei Lijun    Liu Zengji

(National Key Lab of Integrated Service Networks, Xidian Univ., Xi'an 710071, China)

**Abstract** This paper studies the ways to determine the buffer size of the AAL2 packet voice multiplexer with bit dropping. A conclusion is drawn that the buffer size which corresponds to the delay budget of 9 millisecond is sufficient to meet the quality of service requirements of AAL2 packet voice. An algorithm for determining the buffer size and the bit dropping thresholds is also presented with relevant computation formula. The computer simulation results show that the algorithm presented here is good for determining the buffer size and the bit dropping thresholds with small packet loss probability, low packet delay and high mean bits per sample and can greatly improve the buffer efficiency.

**Key words** Packet voice, Asynchronous transfer mode, ATM adaptation layer type 2, Bit dropping

魏立军: 男, 1975 年生, 博士生, 当前主要研究方向为综合业务网与 ATM 技术。

刘增基: 男, 1937 年生, 教授, 博士生导师, 综合业务网国家重点实验室主任、中国通信学会会员, 当前主要从事宽带通信网络技术的研究。