

AAL2 分组话音复接器的研究与实现¹

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 该文研究在 ATM 虚通路带宽利用率一定的条件下, AAL2 分组话音复接器性能随 ATM 虚通路输出速率的增加而变化的情况。得出结论: 当 ATM 虚通路带宽利用率一定时, ATM 虚通路输出速率越高, AAL2 分组话音复接器的分组丢弃概率和平均分组排队时延越小, 并提出了一种 AAL2 分组话音复接器的实现方案。该方案可以随着 ATM 虚通路输出速率的增加, 方便地复接多个 E1 话音电路上的话音数据。

关键词 ATM, AAL2, 分组话音, 服务质量

中图分类号 TN916.1

1 引言

数字分组网络的高速发展, 使人们对用一个综合业务网同时承载数据、话音和多媒体业务的兴趣日益浓厚。低比特率话音压缩编码算法和话音静默检测与消除技术的应用, 大大节约了话音传输所需的带宽, 并给人们一种启示, 利用分组网络有效承载压缩话音业务以取代传统的电路交换的话音业务。与电路交换的话音业务相比, 在相同的输出链路速率下, 用分组网络承载话音可以接入更多的话音呼叫; 除了话音业务外, 分组网络还能承载数据、视频等其它业务, 为用户终端提供更多的业务支持。这些优点都使得用分组网络承载话音业务成为网络研究的热点。

在分组网络技术中, ATM 能比较理想地承载分组话音业务。在 ATM 中, 主要采用 AAL1 和 AAL2 来承载话音业务。与 AAL1 相比, AAL2 既可以承载恒定比特率话音业务, 也可以承载可变比特率话音业务; 通过对其所承载的数字话音进行适当的压缩, 对话音呼叫进行静默检测和静默消除, 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, 且带宽可变, 带宽利用率高。AAL2 代表着用 ATM 承载分组话音业务的发展方向。

本文根据分组话音业务的特点, 研究当 ATM 虚通路 (ATM VC) 带宽利用率一定时, AAL2 分组话音复接器性能随 ATM VC 输出速率的增加而变化的情况。得出当带宽利用率一定时, ATM VC 输出速率越高, 分组丢弃概率和平均分组排队时延越小的结论。最后, 提出了一种 AAL2 分组话音复接器的实现方案。该方案可以随着 ATM VC 输出速率的增加, 方便地复接多个 E1 话音电路上的话音数据。

2 AAL2 分组话音复接器原理

AAL2 用于在 ATM VC 上有效传输话音、传真以及话带数据。通过有选择地丢弃话音分组中较不重要的比特, 可以缓解 AAL2 分组话音复接器的拥塞状态^[1-4]。AAL2 包括公共部分子层 (CPS) 和业务特定汇聚子层 (SSCS)。

用 AAL2 承载话音时, 各路话音数据被分成一定长度的分组, 每一个分组前加一个 3 字节的 AAL2 分组头。此后, AAL2 分组被复接到 ATM 信元载荷域中。一个 AAL2 分组可在 ATM 信元载荷域中的任何一个位置开始填充, 并可在下一个 ATM 信元载荷域中填充完毕。为了便于区分 ATM 信元载荷域中的分组, 我们将 ATM 信元载荷域中的第一个字节用做起始域 (STF), 用来指示此载荷域中第一个开始填充的 AAL2 分组的起始位置。

¹ 2000-05-10 收到, 2000-09-28 定稿

在对话音进行分组的过程中,应采用一适当的分组占用时长 T ,使得 AAL2 头相对于 AAL2 分组的话音信息而言开销较小;同时,又应使此分组占用时长仅为端到端时延的一小部分,以减少时延。若对话音采用 32kb/s 的 ADPCM 编码和静默消除,且选择 $T = 5\text{ms}$,则一个 AAL2 分组中共有 40 个采样点,每个采样点 4bit, AAL2 话音分组长度为 23byte。对于一典型的话音源情况,话音源处于突发期的概率为 0.4。在本文中,均按以上假设进行分析。

图 1 中示出了无比特丢弃的 AAL2 分组话音复接器的原理框图。

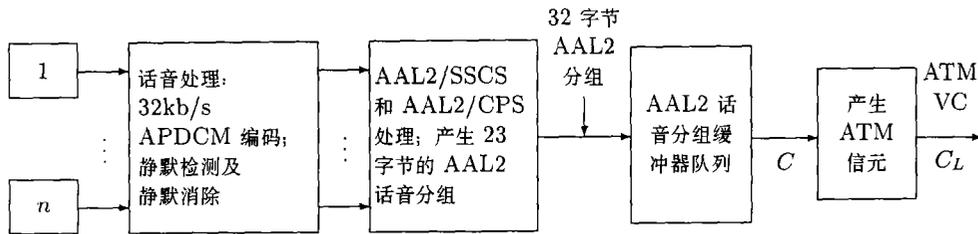


图 1 无比特丢弃的 AAL2 分组话音复接器

单路 AAL2 分组话音业务源模型可以用 on-off 业务源模型来表示^[5]。对于接入 AAL2 分组话音复接器的多个 AAL2 分组话音业务源而言,它们的业务描述符相同,服务质量的要求也相同。

假设 ATM VC 的输出速率为 C_L ,而 C 为 AAL2 话音分组缓冲器队列的输出速率。对于 AAL2 分组话音复接器而言,当 ATM VC 的带宽利用率一定时,接入 AAL2 分组话音复接器的话音源服务质量随 ATM VC 输出速率的增加而有很大改变。下文研究当 ATM VC 输出速率增加时,AAL2 分组话音复接器分组丢弃概率和平均分组排队时延的变化情况。

3 AAL2 分组话音复接器性能分析

对于传统话音而言,单向端到端分组传送时延可为 100ms 到 150ms。因此,话音分组在 AAL2 分组话音复接器中的处理时延可允许为 20ms,话音分组在 AAL2 话音分组缓冲器队列中的排队时延可近似认为不超过 15ms 即可^[1,2]。为统一起见,令 K 为 AAL2 话音分组缓冲器队列的容量,单位为分组;令 L 为一个 AAL2 话音分组的长度,单位为字节。当 C 的单位为比特/秒时,可得 K 的计算公式为

$$K = \left\lceil \frac{C \times 15 \times 10^{-3}}{L \times 8} \right\rceil \quad (1)$$

(1) 式中, $\lceil x \rceil$ 的值为不小于 x 的最小整数。当 AAL2 话音分组缓冲器中有 $K - 1$ 个话音分组时,新到达的话音分组将被丢弃。则 AAL2 话音分组在 AAL2 分组话音复接器中的排队时延不超过 15ms 这一服务质量指标得到满足。用 ATM 信元承载 AAL2 话音分组时,53byte 的 ATM 信元中只有 47 个字节用来承载 AAL2 话音分组,由此可得 C_L 和 C 的关系为

$$C = (47/53) \times C_L \quad (2)$$

对话音源进行静默检测和静默消除后, n 个话音源复接的分组到达模型,当 n 足够大时,可以近似为泊松流^[2-4]。对于无比特丢弃的 AAL2 分组话音复接器而言,每个 AAL2 分组长度固定,为 L 字节长,即对每个 AAL2 话音分组的处理时间相同。因此,无比特丢弃的 AAL2 分组话音复接器的模型可近似为 M/D/1/K 模型。其中, K 为 AAL2 话音分组缓冲器队列的容量。为了便于分析,定义以下参数: T 为分组占用时长, $T = 0.005\text{s}$, $1/T$ 为突发期内每秒产生的 AAL2 话音分组数; L 为 AAL2 话音分组的长度,为 23byte 长; K 为 AAL2 话音分组

缓冲器队列的容量, 单位为分组, K 按 (1) 式取值; n 为接入 AAL2 分组话音复接器中的话音源个数; p 为话音源处于突发期的概率, $p = 0.4$; τ 为一个 AAL2 话音分组的服务时间, 单位为秒; λ 为进入 AAL2 分组话音复接器的 AAL2 话音分组的到达率, 单位为分组/秒; ρ 为 ATM VC 的带宽利用率, $\rho = \lambda \times \tau$; L_j 为在第 j 个分组服务完时系统中的分组数; π_i 为系统达到稳定状态时, $L_j = i$ 的概率, 其中, $0 \leq i \leq K-1$; π 为 $\{\pi_0, \pi_1, \dots, \pi_{K-2}, \pi_{K-1}\}$, 是系统达到稳定状态后, 队列长度概率向量; P_L 为分组丢弃概率; EQ 为 AAL2 话音分组缓冲器队列中的平均队列长度 (按分组个数计算); EW 为平均分组排队时延。

由上文定义的参数可得

$$\lambda = (n \times p) / T \quad (3)$$

$$\tau = (L \times 8) / C \quad (4)$$

令序列 $\{a_i, i > 0\}$ 代表在分组服务时间 τ 内, 到达 i 个分组的概率, 则可得

$$a_i = e^{-\lambda\tau} (\lambda\tau)^i / i! = e^{-\rho} \times \rho^i / i! \quad (5)$$

由此, 可得马尔可夫状态转移概率矩阵 P 如 (6) 式所示。

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 & \dots & K-2 & K-1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ \vdots \\ \vdots \\ K-2 \\ K-1 \end{matrix} & \left[\begin{array}{cccccc} a_0 & a_1 & a_2 & & & 1 - \Sigma \\ a_0 & a_1 & a_2 & & & 1 - \Sigma \\ 0 & a_0 & a_1 & & & 1 - \Sigma \\ & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & a_0 & a_1 & 1 - \Sigma \\ & & & & a_0 & 1 - a_0 \end{array} \right] \end{matrix} \quad (6)$$

(6) 式中, 每一行中的 Σ 代表此行中其它元素之和。当系统达到稳定状态时, 可得

$$\pi P = \pi \quad (7)$$

由文献 [2,3] 可得

$$P_L = (\pi_0 + \rho - 1) / (\pi_0 + \rho) \quad (8)$$

AAL2 话音分组缓冲器队列中平均队列长度 (按分组个数计算) 和平均分组排队时延分别为

$$EQ = \sum_{i=1}^{K-1} i \pi_i \quad (9)$$

$$EW = EQ / [\lambda(1 - P_L)] \quad (10)$$

当 ρ 值一定时, 即可由 (8) 和 (10) 式解出 P_L 和 EW。 P_L 和 EW 的值与 C_L 值的大小有关。 P_L 和 EW 随 C_L 变化的情况分别示于图 2(a) 和图 2(b) 中。

在图 2 中, \bullet 为带宽利用率 ρ 为 0.98 时的计算结果, $*$ 为带宽利用率 ρ 为 0.95 时的计算结果, \circ 为带宽利用率 ρ 为 0.92 时的计算结果。由图 2 可见, 当带宽利用率 ρ 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都大大减小。以带宽利用率 ρ 为 0.98 为例, 当 ATM VC 为 250kb/s 时, 分组丢弃概率为 0.0194, 平均分组排队时延为 6.5101ms; 而当 ATM VC 为 1200kb/s 时, 分组丢弃概率为 6.6457×10^{-4} , 平均分组排队时延

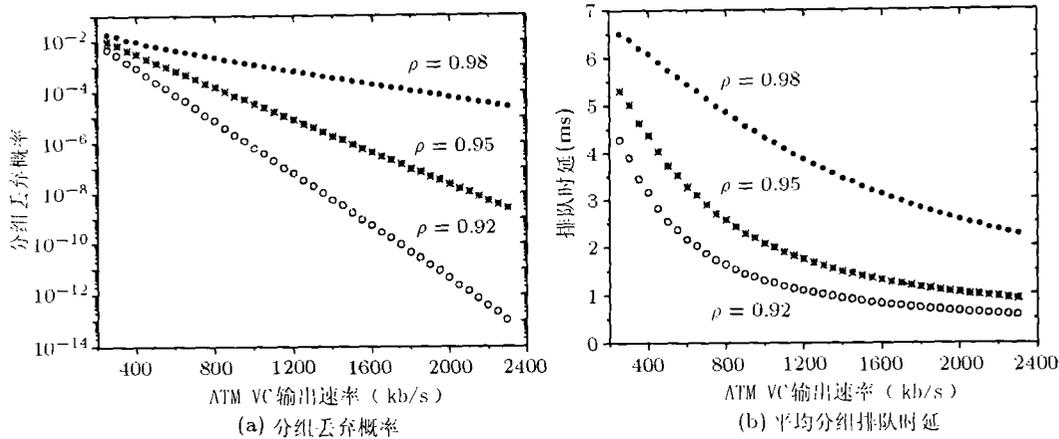


图2 AAL2 分组语音复接器性能变化图

为 3.8638ms；当 ATM VC 为 2300kb/s 时，分组丢弃概率仅为 2.5706×10^{-5} ，平均分组排队时延为 2.2389ms，语音质量得到大幅度改善。

由上文分析可知，当 ATM VC 带宽利用率一定时，输出链路速率越高，AAL2 分组语音复接器的分组丢弃概率和平均分组排队时延越小。因此，对于 AAL2 分组语音复接器而言，在带宽利用率一定的条件下，可以通过多接入语音源，同时提高输出链路速率，来提高语音质量。下文提出一种 AAL2 分组语音复接器的实现方案，按此方案，可以根据 ATM VC 输出速率增加的需要，灵活地接入多路 E1 语音数据。

4 AAL2 分组语音复接器的实现方案

一般而言，来自公共电话网或专用小交换机的 E1 语音电路上的每路语音数据通过 ATM 边缘交换机接入 ATM 骨干网中。ATM 边缘交换机中用 AAL2 来承载压缩语音业务，语音信令由 AAL5 来承载。此时，可有多个语音电路交换机与 ATM 边缘交换机相连，向 ATM 边缘交换机提供多路 E1 语音数据。多路 E1 语音线上的每路语音数据在 ATM 边缘交换机中经过语音压缩和语音静默检测与消除处理后，由 AAL2 分组语音复接器复接，形成 ATM 信元，通过 ATM 骨干网传送。由于在不同的 ATM 边缘交换机中，接入的 E1 语音电路数不同，因此，ATM 边缘交换机中的 AAL2 分组语音复接器应能灵活地处理多路 E1 语音。

下文提出一种 AAL2 分组语音复接器的实现方案，此方案的优点在于：本文所设计的基本语音处理模块可以处理 E1 语音电路中的 30 路语音数据，将每路语音数据分别形成 AAL2 语音分组。E1 语音电路中的信令由 AAL5 来承载。将多个基本语音处理模块相组合，就可以接入更多的 E1 语音电路上的语音数据，承载更高速率的语音。具体实现时，可用一片 FPGA 实现对多路 E1 语音的复接。FPGA 在 ATM 边缘交换机中的位置如图 3 所示：

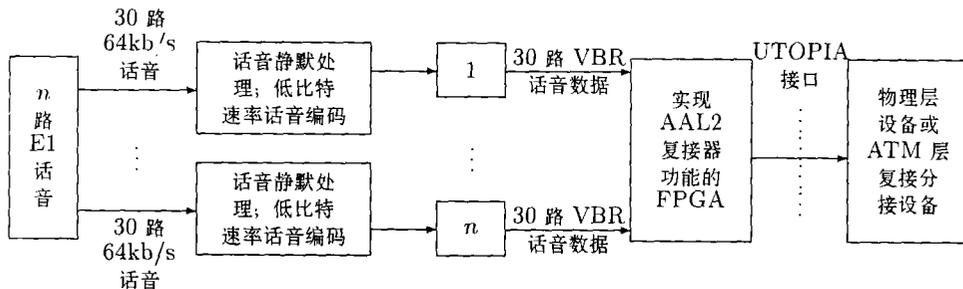


图3 AAL2 FPGA 位置

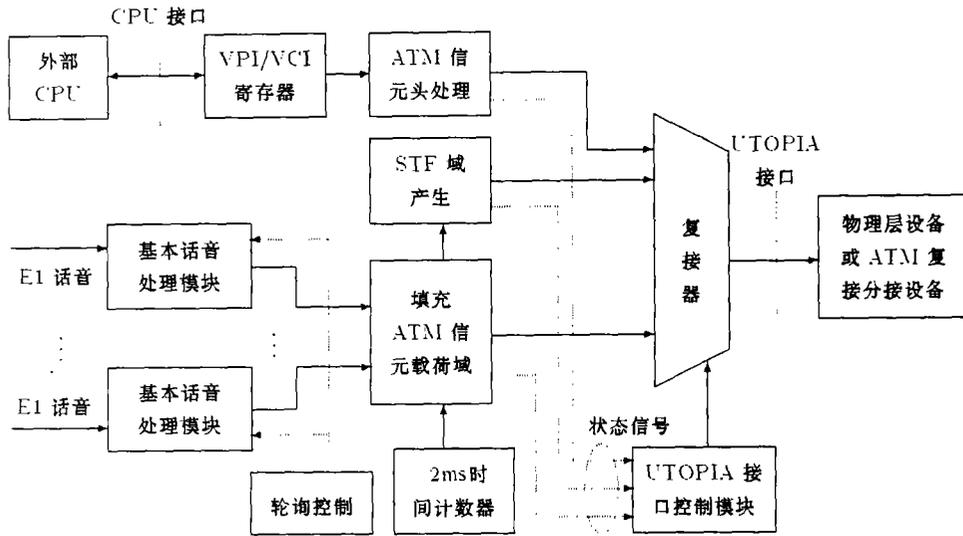


图5 基本语音处理模块组合图

5 结束语

本文根据 AAL2 分组语音业务的特点, 结合分组语音业务服务质量的要求, 推导出 AAL2 分组语音复接器主要性能指标的计算公式, 得出在 ATM VC 带宽利用率一定的条件下, 输出速率越高, 分组丢弃概率和平均分组排队时延越小的结论。并提出一种 AAL2 分组语音复接器的实现方案。按此方案设计的 AAL2 分组语音复接器可以灵活地根据输出链路速率的需要接入多路 E1 语音数据, 适用于在 ATM 边缘交换机中用 AAL2 对多路语音进行复接。

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, 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, 17(1), 18-28.
- [3] K. Sriram, D. M. Lucantoni, Traffic smoothing effects of bit dropping in a packet voice multiplexer, IEEE Trans. on Comm., 1989, COM-37(7), 703-712.
- [4] K. Sriram, W. Whitt, Characterizing superposition arrival processes in packet multiplexers for voice and data, IEEE J. on SAC., 1986, 4(6), 833-846.
- [5] Mischa Schwartz, Broadband Integrated Networks, Prentice Hall PTR, 1998, 26-32.
- [6] af-vtoa-0113.000, ATM Trunking Using AAL2 for Narrowband Services, Feb 1999.
- [7] af-vtoa-0120.000, Implementation Conformance Statement (ICS) Proforma for ATM Trunking Using AAL2 for Narrowband Services, May 1999.
- [8] ITU-T Recommendation I.362.2, B-ISDN ATM Adaptation Layer Type 2 Specification, Feb 1997.

STUDY AND IMPLEMENTATION OF AAL2 PACKET VOICE MULTIPLEXER

Wei Lijun Liu Zengji

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

Abstract This paper investigates the performance of the AAL2 packet voice multiplexer as a function of the transmission capacity of the ATM VC when the ATM VC bandwidth utilization is constant. A conclusion is drawn that packet delay and probability of packet loss will decrease when the transmission capacity of the ATM VC increases. Finally, an implementation of AAL2 packet voice multiplexer is presented which can easily multiplex the voice calls from multiple E1 voice circuit.

Key words Asynchronous Transfer Mode(ATM), AAL2(ATM Adaptation Layer type 2), Packet voice, Quality of service

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, 中国通信学会会士. 当前主要从事宽带通信网络技术的研究.