

文章编号: 0529-6579 (2000) 04-0047-05

无线 ATM 网基于 QoS 的 MAC 层协议^{*}

王国民¹, 张光昭¹, 陈迪平²

(1. 中山大学无线电电子学系, 广东 广州 510275; 2. 广州通信研究所)

摘 要: ATM 是具有 QoS 保证的一种传输方式, 无线 ATM 作为 ATM 技术的延伸, 也应具有 QoS 保证. 但无线信道资源非常有限, 且具有时变性、差错率高等特点, 因此, 在无线 ATM 中如何保证 QoS 是人们非常关注的问题. 文章提出了一种基于 QoS 的 MAC 层调度策略和预约模型, 通过仿真可以看出, 它可以更好的满足各种不同业务的 QoS 需求.

关键词: 无线 ATM; MAC 协议; QoS

中图分类号: TN913.2 **文献标识码:** A

宽带通信和移动通信是最近几年通信领域的两个重要研究方向. ATM 技术与无线通信技术的结合, 不仅可提供具有 QoS 保证的多业务通信, 还可使终端自由地移动, 因而, 无线 ATM 已成为通信领域的一个研究热点^[1]. 由于无线信道频带非常有限, 而且各用户共享. 所以, 无线 ATM 网必须要设计一个非常有效的介质访问控制协议 MAC (medium access control) 来支持 ATM 标准定义的各种业务.

本文提出了一种基于 QoS 的 MAC 层协议结构及调度策略, 并对其性能做了计算机仿真. 仿真结果表明该协议结构可更好地满足各种业务的 QoS 需求.

1 无线 ATM 的介质访问控制 (MAC)

现有的 MAC 协议大致可分为 4 类: 固定分配、随机访问、中心控制的按需分配、分布式控制的按需分配.

固定分配即为每个连接分配固定的带宽, 它特别适合于 CBR 业务, 但无法满足其它业务的要求.

随机访问的典型例子是 ALOHA 协议, 它允许用户在任何时候发送数据, 一旦有冲突发生, 就按一定的退让算法过一段时间重新发送, 直到发送成功为止. 这种协议特别适合于业务量非常小的场合, 优点是实现简单, 但随着业务量的增加其性能将急剧下降.

中心控制的按需分配可以对每个连接按照需要随时调整所分配的带宽, 一般包含两个过程: 预约和传送. 首先由用户向控制中心申请所需的带宽, 然后由控制中心确定是否给

^{*} 基金项目: 国防科技预研资助项目 (31.5.8)

收稿日期: 1999-11-01; 作者简介: 王国民 (1965~), 男, 博士研究生.

该用户分配带宽或（和）分配多少带宽。这种协议虽然比较复杂，但可以在很大范围内满足各种业务的需求，是未来无线 ATM 的主要发展趋势^[1,2]。

分布式控制的按需分配是各用户根据广播信息自己决定其数据传输的过程。

目前已提出的无线 ATM 网络的无线接口协议有频分复用（FDMA）、码分复用（CDMA）和时分复用（TDMA）3 种。在无线 ATM 网中，由于可用频段有限，而且需要动态分配，所以，FDMA 无法满足其要求。另一方面，CDMA 对峰值速率受限，因而不能适用于宽带应用。相对来说，由于动态 TDMA 技术可以根据需要灵活地为每个连接分配可多可少的时隙，因而被大多数协议所采用^[2~4]。

2 基于 QoS 的 MAC 层协议

ATM 是具有 QoS 保证的一种传输方式，无线 ATM 也应具有 QoS 保证。但无线信道资源非常有限，而且具有时变性、差错率高等特点，因此，在无线 ATM 中如何保证 QoS 是人们非常关注的问题。

QoS 的 2 个重要参数是延迟和丢失率，但不同类型的业务对延迟和丢失率的要求也不相同，本文提出的基于最后期限的调度策略充分考虑了这一点。另一方面，相对于新建连接失败而言，人们对已建连接的信元丢失更加不可忍受，本文提出的预约机制则能充分保证已建连接的信元丢失。

2.1 帧结构

本文所采用的帧结构如图 1 所示。显然它属于无线 ATM 中流行的时分多路复用/时分双工（TDMA/TDD）协议，每帧分为四个区：帧头、下行数据、上行数据、预约竞争区。帧长是固定的，但每个区的大小是可变的。下行和上行数据区又分成时隙序列，每个时隙刚好能传送一个 ATM 信元，称为 MAC 时隙。帧头主要用来传输本帧的时隙分配信息，各用户根据该信息接收和发送数据。下行数据区用来传输从基站到终端的数据；上行数据区用于传输从终端到基站的数据；预约竞争区实际上分为预约和竞争两个分区，每个区又分为一些小时隙，为了简化操作，若干个小时隙构成一个 MAC 时隙。预约区用于已建立连接但本帧没有分配到时隙的上行链路向基站预约时隙，只要已经建立连接，但在本帧内没有分配到数据时隙，就分配一个预约小时隙，而分配了时隙的连接可通过嫁载（piggy-back）来预约时隙。竞争小时隙只用于没有建立连接的终端申请建立连接，可采用 slot-ALOHA 协议。设置预约分区主要基于以下一些原因：

（1）相对于新建连接失败而言，人们对已建连接的信元丢失更加不可忍受，所以应首先保证已建立连接的 QoS。

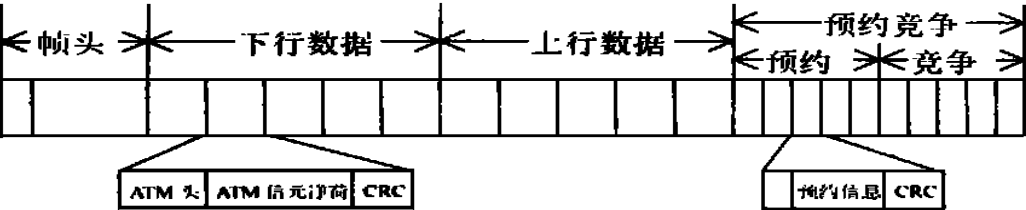


图 1 动态 TDMA/TDD 帧结构

Fig. 1 Dynamic TDMA/TDD MAC frame structure

(2) MAC 调度器从预约信息中获取最后期限 (deadline). 所谓预约实际上就是说明本终端等待传送的信元数, 调度器可以从前后两帧的预约值判断新到的信元数. 从而求出这些信元的以帧为单位的最后期限. 以后每发送一帧, 该值减 1, 直到分配到时隙为止, 若最后期限减到 0 时仍未分配到时隙, 就按超时处理 (如丢弃等). 因此, 每条连接的预约值对调度器分配时隙有重要影响.

(3) 如果按其它方法^[4]采用竞争方法预约时隙, 即使分配到和参与竞争的终端同样多的时隙, 竞争成功的概率也小于 50%, 所以还不如给每条未分配到时隙的上行连接分配一个预约时隙, 而已分配了时隙的连接通过嫁载 (piggyback) 来预约时隙.

2.2 调度策略

由于本协议是由中心控制的协议, 因此, 所有 MAC 调度过程全部由基站完成, 用户终端只是根据基站所发布的信息 (帧头信息) 被动地收发信息, 而基站通过终端的预约信息为终端分配时隙. 对于上行链路, 基站只能从前后两帧的预约值求出本帧内新到达的信元数, 进而求出以帧为单位的最后期限. 为了统一起见, 下行链路信元的最后期限也以帧为单位计算. 具体调度算法描述如下:

(1) 所有业务按类型分成优先级, 依此为 CBR, rt-VBR, nrt-VBR, ABR, UBR.

(2) 每条连接设置一个令牌池, 采用漏桶法 (leaky-bucket) 产生令牌, 产生速率等于各连接的平均数据流速率. MAC 每分配一个时隙, 就从令牌池中拿走一个令牌, 令牌可为负.

(3) 每帧开始首先根据 CDT 计算新到达的信元以帧为单位的最后期限. 以后每等待一帧, 该值就减 1, 若减到小于 0 时还没有分配到时隙, 就按超时处理 (如丢弃等), 对于 UBR 业务, 可设置 $Deadline = \infty$.

(4) 按 Deadline 从小到大分配时隙.

(5) Deadline 相等时按令牌数从大到小分配时隙.

(6) 若令牌数仍然相等, 则按业务优先级从高到低顺序分配.

(7) 由于各终端离基站的距离不同, 传输延迟也不同, 为了取得同步, 终端在发送数据前一般要首先发送一段 MODEM 前缀, 若分配的时隙数大于 1, 则以后的数据可连续发送. 为了减小这种额外开支, 应将同一链路所分配的时隙放在一起, 所以每次新分配时隙的链路若在前一帧中已经分配了时隙, 则将新分配的时隙紧随其后插入, 必要时向后移动后面已分配的时隙.

(8) 若帧未填满而且还有预约请求没有满足, 重复 (4) ~ (7).

3 计算机仿真

为了检验该协议的性能, 本文对下列两种情况进行了计算机仿真: ① 只有相同 rt-VBR 连接; ② CBR 和 rt-VBR 混合连接. 在第一种情况中, 假设只有 rt-VBR 连接, 而且所有连接都有相同的参数. 在第二种情况中, 假设有 48 个 CBR 连接保持不变, 然后只增加 rt-VBR 链路数, 观察业务量对系统性能的影响. 为了观察帧长对信元丢失率和延迟的影响, 上述两种情况都分别用 50 slots 和 100 slots 两种帧长做了仿真. VBR 业务采用离散时间马尔可夫到达模型, 可近似由若干个相同但相互独立的 on/off 源产生, 每个 on/off 源在 on 状态时速率固定. CBR 业务只按其固定速率产生. 仿真参数如表 1 所示.

表 1 仿真参数
Tab 1 Simulation parameters

信道容量	额外负载	CBR 连接	rt-VBR 连接
C= 20 Mb/s = 47 169. 8 cells/ s	帧头: 2 slots 竞争时隙: 2 slots MODEM 前缀: 与上行链路数有关	固定速率= 64 kb/s CDT= 5 ms	平均速率= 256 kb/ s 标准偏差= 128 kb/ s CDT= 5 ms

在仿真中，若发现某个信元的 $Deadline < 0$ ，就不再分配时隙而将其丢弃，计入丢失信元总数。而延迟只考虑分配到时隙即成功发送出去的信元的延迟，所以丢失率和延迟的计算公式为

丢失率 = $\frac{\text{丢失信元数}}{\text{信元总数}}$ (1)

平均延迟 = $\frac{\sum [\text{Deadline (产生时)} - \text{Deadline (发送时)}]}{\text{成功发送信元数}}$ (2)

图 2 是只有相同 rt-VBR 连接时的仿真结果，图 3 是 CBR 业务和 rt-VBR 混合连接时的仿真结果，图中延迟是指以帧长为单位的延迟。从仿真结果我们可以得出以下结论：

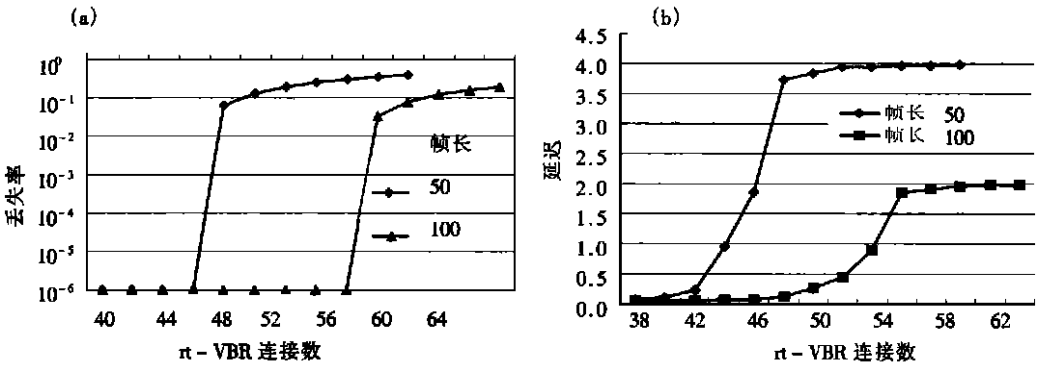


图 2 只有 rt-VBR 时业务量与丢失率 (a) 和信元延迟 (b) 之间的关系
Fig.2 Loss probability (a) and mean cell-delay (b) for identical rt-VBR connections

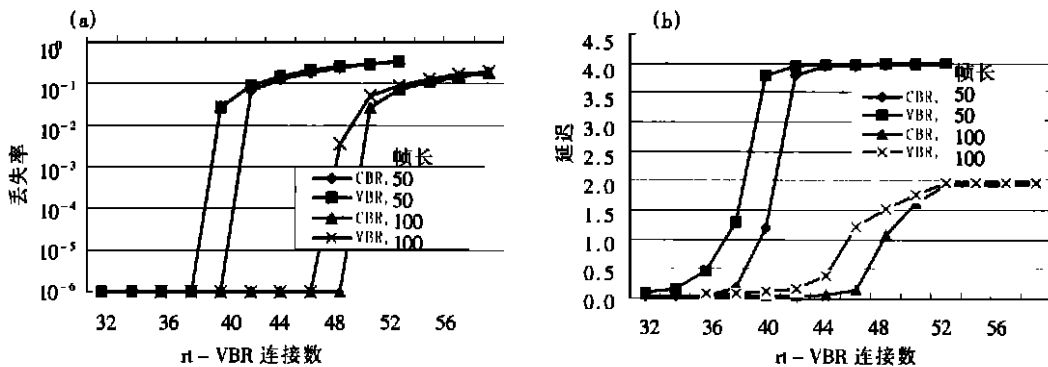


图 3 CBR 和 rt-VBRr 混合连接时 t-VBR 连接数 (a) 和信元延迟 (b) 与延迟之间的关系
Fig.2 Loss probability (a) and mean cell-delay (b) for CBR and rt-VBR connections

(1) 由于专门分配了预约时隙, 所有上行链路都可以及时向基站预约带宽, 所以当业务量较小时信元丢失率和延迟都很小, 这一点明显优于 Magic WAND 协议^[2].

(2) 当业务量超过某一值时, 信元丢失率和延迟几乎同时急剧增加, 说明这时信道的承载能力已不能满足当前的业务量.

(3) CBR 丢失率和延迟的剧增时刻总是晚于 rt-VBR 的剧增时刻, 这是由于 CBR 优先级高于 rt-VBR 优先级的缘故.

(4) 如果继续增加业务量, CBR 和 rt-VBR 的丢失率都向 1 逼近, 平均延迟向最大允许延迟 (由 CDT 决定) 逼近, 说明这时系统已完全不能适应这样大的业务量. 这时新增加的业务量将全部丢弃, 而发送出去的信元基本都是在 Deadline=0 时发送出去的, 由式 (1) 和 (2) 知, 这时丢失率应趋于 1, 而平均延迟趋于最大允许延迟.

(5) 帧长越长, 所需的额外负载就越少, 相当于增加了信道容量, 所以帧长为 100 slots 时的系统性能要明显优于帧长为 50 slots 时的性能, 从这一点可以得出结论, 只要帧长不超过所有业务的最大允许延迟 (CDT), 帧长越长越好.

4 结 论

由于本协议提出已建连接的预约时隙, 所以可优先保证已建连接的 QoS 需求, 对未建连接的 QoS 可采用公平竞争的方式. 在调度策略上, 由于优先考虑了各信元的最后期限, 因而可减小信元由于延迟而造成的丢失; 同时, 由于还考虑了业务优先级, 因此可满足不同业务类型的 QoS 需求. 仿真结果表明, 该协议是一个比较实用且容易实现的协议.

参考文献:

- [1] RAYCHAUDHURI D. Wireless ATM networks: architecture, system design and prototyping [J] . IEEE Personal Communication, 1996 (8): 42~49.
- [2] KUBBAR O, MOUFTAH H T. Multiple access control protocols for wireless ATM: problems definition and design objectives [J] . IEEE Communication Magazine, 1997 (11): 93~99.
- [3] PASSAS N, PASKALIS S, VALI D, et al. Quality-of-service-oriented medium access control for wireless ATM networks [J] . IEEE Communication Magazine, 1997 (11): 42~50.
- [4] RAYCHAUDHURI D, FRENCH L J, SIRACUSA R J, et al. WATMnet: a prototype wireless ATM system for multimedia personal communication [J] . IEEE JSAC, 1997, 15 (1): 83~95.

QoS-Oriented MAC Protocol in Wireless ATM Networks

*
WANG Guo-min , ZHANG Guang-zhao, CHEN Di-ping

Abstract: ATM is a kind of transfer mode which can guarantee QoS. As a extension of ATM technology, wireless ATM should guarantee QoS too. However, besides very limited resource, wireless channel is characterized by time-variable and high error rate. Therefore, it is a very hot topic to support QoS in wireless ATM area. This paper presents a kind of MAC protocol architecture based on QoS requirements. The computer simulation shows that this protocol architecture can match the different QoS requirements of various services.

Keywords: wireless ATM; MAC protocol; QoS

* Department of Radio and Electronics, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China.