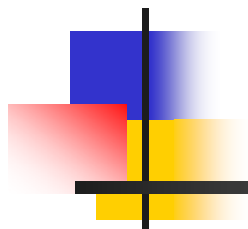


宽带通信网



信息与通信工程学院

靳 浩



宽带通信网

- 宽带通信网技术发展概述
- ATM 技术原理
- ATM的流量控制和拥塞控制技术
- 宽带网交换技术
- IP网络体系结构与关键技术
- IP网络的QoS支持技术
- IP网络安全与管理技术
- MPLS技术及其发展
- 移动IP技术
- 下一代网络技术



ATM网的流量控制和拥塞控制

- ATM的流量控制和拥塞控制概念
- 业务参数和业务的服务质量参数
- 通用信元速率算法 (GCRA)
- 业务量合约 (Traffic Contract)
- ATM网中的流量控制和拥塞控制机制



ATM网的流量控制和拥塞控制

■ ATM网的流量控制和拥塞控制概念

■ 流量控制的作用

- 保护网络和用户以实现预先规定的网络性能；
- 避免网络拥塞所采取的一系列措施；
- 优化网络资源，提高网络利用率。

■ 流量控制的目标

- 灵活性
- 简单性
- 耐久性



流量控制和拥塞控制在ATM网中的位置

- 流量控制和拥塞控制处于B-ISDN的ATM协议参考模型的控制平面和管理平面。
- 流量控制是位于信令之上的算法部分。
- 流量控制使用软件，由硬件配合完成。



业务参数和业务的服务质量参数

- 业务衡量级别
- 宽带网络性能指标
- ATM层的业务质量衡量指标
- 业务源参数和业务质量参数



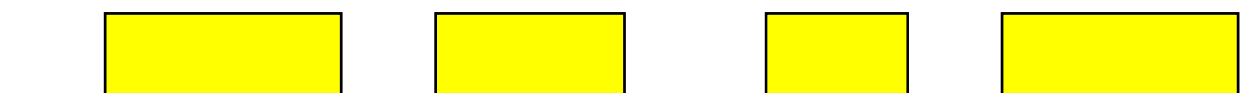
业务参数和业务的服务质量参数

■ 业务衡量级别

- 日期级：按照每天、周、季节衡量业务流量的变化。
- 连接级：在虚连接基础上的业务源性能，是稳态业务流量最宏观的指标。
- 对话级：连接两端的业务源的交互性。
- 突发级：描述正在发送的用户的统计特性。
- 信元级：描述业务源最低级的信元产生特性。

业务参数和业务的服务质量参数

连接级



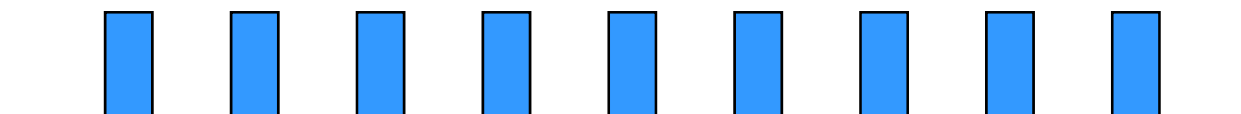
minites

突发级



ms

信元级



us

业务衡量级别



业务参数和业务的服务质量参数

业务	比特误差率	信元丢失率	信元误差率	时延(ms)
话音	10^{-7}	10^{-3}	10^{-3}	25
数据传输	10^{-7}	10^{-6}	10^{-6}	1000
广播视频	10^{-6}	10^{-8}	10^{-8}	1000
远程过程控制	10^{-5}	10^{-3}	10^{-3}	1000



业务参数和业务的服务质量参数

- ATM层的业务质量衡量指标
 - 三个可协商指标
 - 峰-峰值信元延时变化 (Peak-to-Peak CDV)
 - 最大信元传输延时 (MaxCTD)
 - 信元丢失率 (CLR: Cell Loss Ratio)



业务参数和业务的服务质量参数

- ATM层的业务质量衡量指标
 - 三个不可协商指标
 - 信元错误率 (Cell Error Ratio)
 - 严重信元块错误率 (SECBR)
 - 信元错插率 (CMR)



ATM层的业务质量衡量指标

- 性能指标的定义：对一个ATM连接，信元传输事件的结果包括成功传输、错误传输、丢失传输以及误插传输等四种。

- 信元丢失率 (CLR) =
$$\frac{\text{丢失的信元数目}}{\text{总共传送的信元数目}}$$

- 信元错误率 (Cell Error Ratio) =
$$\frac{\text{错误信元数目}}{\text{成功传送的信元数目} + \text{错误传送的信元数目}}$$

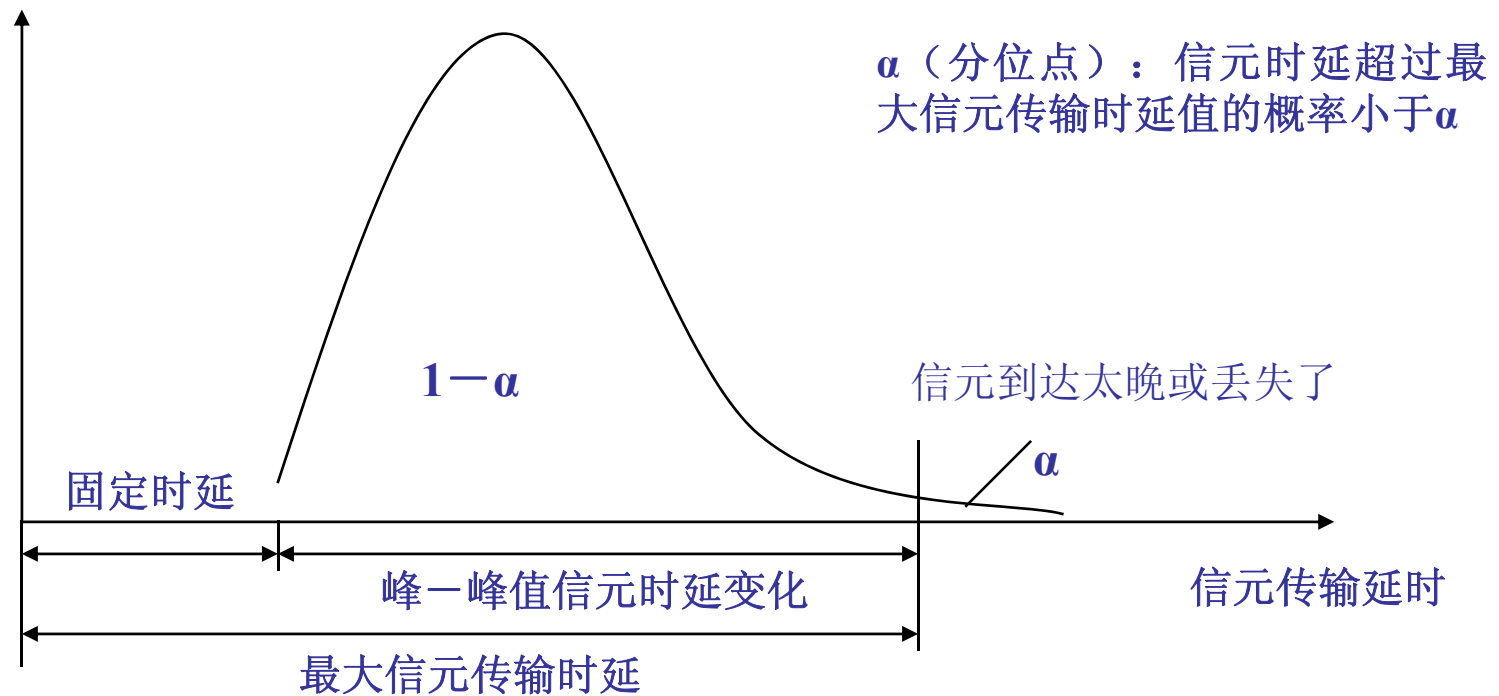
- 严重信元块错误率 (SECBR) =
$$\frac{\text{严重错误的信元块数目}}{\text{总共传送的信元块}}$$

- 信元错插率 (CMR) =
$$\frac{\text{错插的信元数目}}{\text{一定时间间隔内}}$$

ATM层的业务质量衡量指标

性能指标的定义：

信元传输时延概率密度





业务参数和业务的服务质量参数

■ 业务源参数和业务质量参数

- 峰值信元速率
- 可维持的信元速率
- 最小信元速率
- 最大突发长度
- 突发容限
- 信元时延变化



业务参数和业务的服务质量参数

■ 业务源参数和业务质量参数

■ 峰值信元速率 (PCR)

- ATM连接的峰值信元速率定义为两个相邻发送的信元之间的最小时间间隔的倒数。
- 业务源参数。
- 支持CBR业务和VBR业务。



业务参数和业务的服务质量参数

■ 业务源参数和业务质量参数

■ 可维持的信元速率 (SCR)

- ATM连接的可维持信元速率定义为相邻两个信元的发送平均时间间隔的倒数。
- 业务源参数。
- 适于VBR业务。



业务参数和业务的服务质量参数

■ 业务源参数和业务质量参数

■ 最小信元速率

- 业务提供者可以提供给业务源的最小信元速率。
- 业务源参数。
- $MCR = 0$ 或 $MCR \neq 0$
- 适用于ABR业务。



业务参数和业务的服务质量参数

- 业务源参数和业务质量参数

- 最大突发长度 (MBS)

- 在突发级上，业务流信元在一个突发时间内的最大允许信元数目。
 - 业务源参数。
 - 适用于VBR业务。



业务参数和业务的服务质量参数

■ 业务源参数和业务质量参数

■ 突发容限 (τ)

- 表示信元速率波动可被容许的时间范围值。
- 业务源参数。
- $MBS = \text{小于或等于 } (1 + \tau / T_s - T) \text{ 的最大整数。}$



业务参数和业务的服务质量参数

- 业务源参数和业务质量参数
- 信元时延变化
 - 引入原因：ATM的统计复用。
 - 在用户网络接口或网间接口上分配给某一特定的VPC/VCC，代表在该接口上对VPC/VCC上信元组合现象的一种定量的测度。（抖动）
 - 业务质量参数。



业务参数和业务的服务质量参数

■ 业务源参数和业务质量参数

■ GCRA (通用信元速率算法)

- 信元速率监管算法。
- ITU-T在I.371中定义了两种实质上完全相同的算法：
 - 虚调度算法 (VSA: Virtual Scheduling Algorithm)
 - 连续状态漏桶算法 (LB: Leaky Bucket)
- 使用两个参数：信元速率和对应的信元CDVT。



通用信元速率算法 (GCRA)

■ GCRA 用于信元一致性判断 (I.371)

- 原理：利用业务量合约规定的信元速率及相应的速率变化容限参数，根据各信元到达的时间间隔来判定其是否一致。

■ GCRA 算法的参数

- GCRA 使用一对参量 (T, τ) ，它们分别对应于业务量描述器中定义的（信元速率，速率变化容限）参数对：
 - T ：由信元速率 CR 所决定的信元发送时间间隔，即 $T_{CR} = 1/CR$
 - τ ：与信元速率 CR 相对应的信元发送时间间隔的变化容限
- 参数确定后，算法记为 $GCRA(T, \tau)$ ，用于判断信元是否满足 (T, τ) 的约定（即判断信元是否一致），如：
 - 要判断信元是否满足 $(PCR, CDVT)$ ，可用算法 $GCRA(T_{PCR}, \tau)$
 - 要判断信元是否满足 (SCR, BT) ，可用算法 $GCRA(T_S, \tau_S)$



虚调度算法 GCRA (T , τ)

■ 参数:

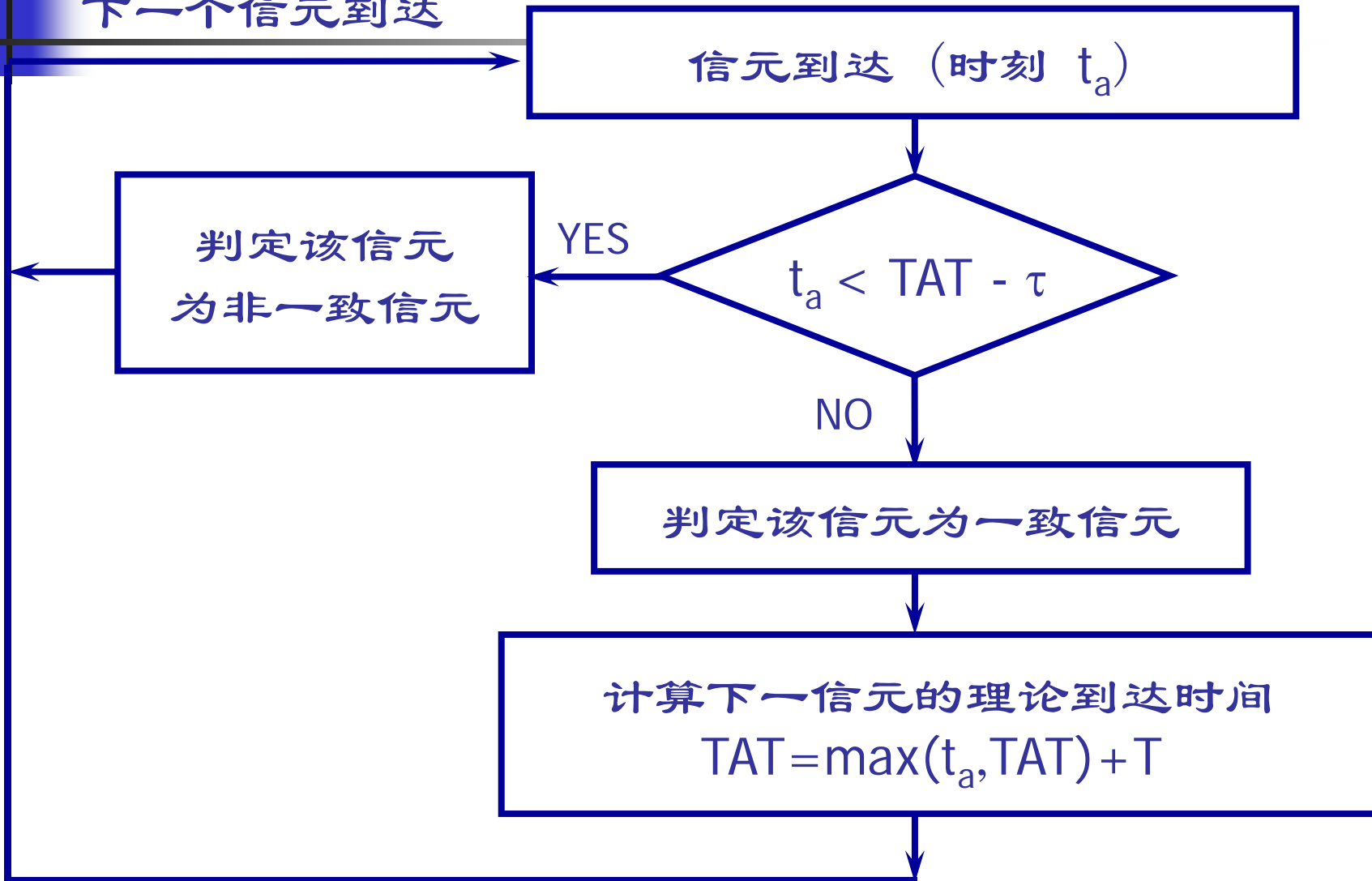
- T , 与信元速率 CR 对应的理论上的信元到达的时间间隔;
- τ , 信元到达的时间间隔允许的变化容限。

■ 基本思想:

- 根据约定的信元到达时间间隔参数 T , 计算下一个信元的理论上的到达时间 (TAT)
- 若信元到达提前于的 TAT, 并超过了允许的容限 τ , 则信元被判定为不一致, 否则该信元是一致的。

虚调度算法

下一个信元到达





虚调度算法

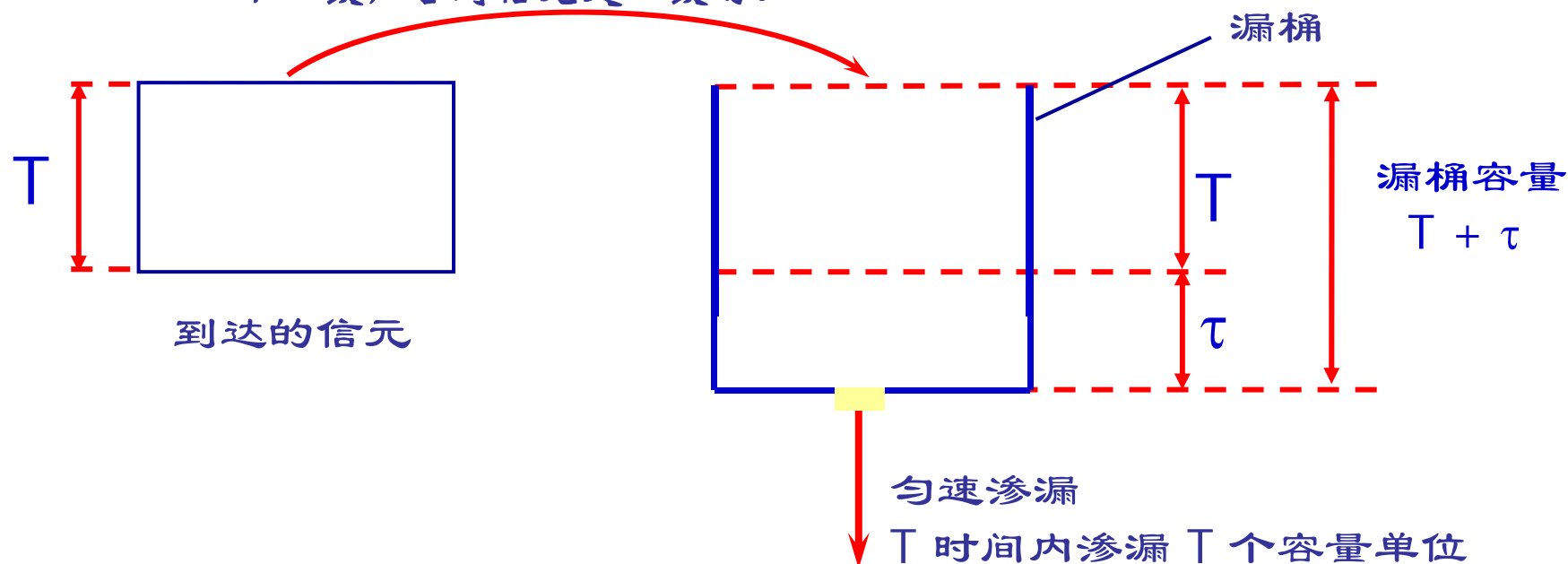
■ 算法过程

- 初始状态（零时刻）： $TAT = T$;
- 信元到达（设到达时刻为 t_a ）;
- 若 t_a 提前于 $TAT - \tau$ ，则判定该信元是不一致信元，同时开始等待下一信元;
- 若 t_a 不提前于 $TAT - \tau$ ，判定该信元是一致的，并计算下一信元的理论到达时间 TAT ：
$$TAT = \text{Max} (t_a, TAT) + T$$
- 等待下一个信元的到达。

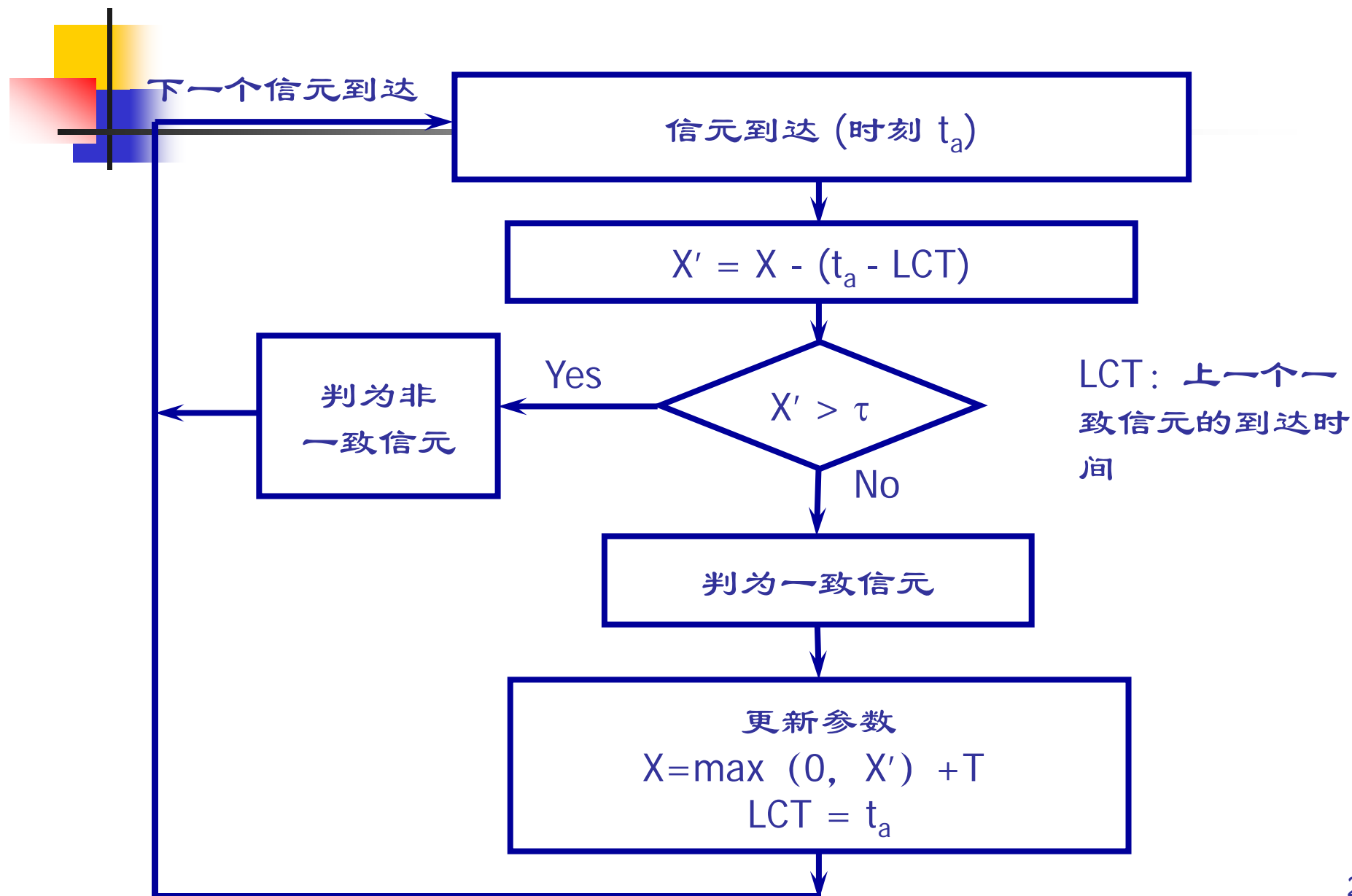
连续状态漏桶算法

■ GCRA(T, τ) 漏桶算法的基本思想

- 算法作为一个容量为 $T + \tau$ 的漏桶，以单位速率匀速渗漏；
- 一个信元的到达相当于使漏桶内的容量增加 T 个容量单位；
- 若信元的到达引起漏桶溢出（即当前桶内容量大于 τ ），则信元被判定为不一致，否则信元是一致的。



连续状态漏桶算法





ATM网的流量控制和拥塞控制

■ 流量协商

- 定义：流量协商是指对一个ATM连接的特性进行的协商。
- 流量协商的内容
 - 源流量参数和业务质量参数。
 - 进行信元一致性测试和对连接的认可。
- 网络只对认可连接中通过一致性测试的信元提供QoS保证。



业务量合约 (Traffic Contract)

- 业务量合约 的概念
- ATM 连接的参数描述
- 连接一致性与业务量合约
- 业务类型与业务量控制



业务量合约的概念

- 用户申请建立连接时，用户和网络需要通过协商，来约定保证连接性能的各种参数的取值，达成一致的约定参数值的集合就构成了业务量合约。
- 业务量管理的目标是以连接为基础来保证用户预定的QoS。
- 业务量合约的作用：使网络能够根据业务量合约来向用户提供满足用户质量要求的服务，包括：
 - 用户根据该合约监视网络提供的服务是否达到了其要求的质量；
 - 网络根据该合约监视用户提交的业务量是否符合业务量合约中的参数约定，对不履行合约的业务量将采取相应的措施（丢弃、延时、降低优先级等）。



ATM 连接的参数描述

- 描述一个 ATM 连接的参数分为两类：
 - 终端设备 (TE) 或用户设备 (CPE) 向网络所要求的连接特性，包括：
 - 如业务类型、参数使用信息、路由优先信息、流量控制能力等
 - 终端用户向网络提供的有关连接的信息，包括：
 - 如带宽、服务质量、时延变化容限、流量控制、优先级控制等



ATM 连接的参数描述

- 业务量参数 (ATM traffic parameter)
 - 作用：用于详细说明业务量特性的一个特定方面,包括：
 - 定性说明：业务源类型（如数据、音频、视频等）；
 - 定量说明：如连接保持时间、峰值（平均）信元速率、突发长度等；
 - 参数定义应简单，且对网络、用户或终端来说均无歧义；
 - 便于 CAC 和 UPC/NPC 实施流量控制操作。



ATM 连接的参数描述

■ ATM业务量描述器 (ATM traffic descriptor)

- 是描述一个 ATM 连接的业务量参数的总表，可从中获得该连接完整的业务量特性和参数。

■ 源业务量描述器 (Source traffic descriptor)

- 是业务量描述器中的一组源业务量参数，用于在连接建立阶段确定业务源所要求的业务量特性和参数。

■ 连接业务量描述器

- 源业务量描述器：如峰值信元速率、可维持信元速率、突发容限等
- UNI/NNI 上的信元时延变化容限 (CDVT)

■ 连接所要求的 QoS：如信元丢失率、传输时延及抖动等

■ 采用的 ATM 传输能力 (Transfer Capability)

- ITU-T 的传输能力：DBR、SBR、ABT、ABR；
- ATM 论坛的业务类型：CBR、rt/nrt-VBR、ABR、UBR



连接一致性与业务量合约

■ 一致性的含义

- 是指 ATM 连接与业务量合约的一致性，即连接是否遵守业务量合约；

■ 流量管理所依据的操作原则

- UPC/NPC 控制过程根据连接的业务量描述器及连接所要求的 QoS 来进行操作。
- 一个连接被接纳后，只要它遵守业务量合约（一致的），该连接所要求的 QoS 就应该被满足。
- 对一致性的连接，网络总能支持其所要求的 QoS。
- 对不一致的连接，网络不必遵守其 QoS 约定。

因此，连接一致性定义是业务量合约中的一项重要内容。



连接一致性与业务量合约

■ 信元一致性

- ATM 连接中信元的一致性：到达检测点的信元是否符合连接的业务量合约；
- 判断信元的一致性的方法：利用业务量合约参数，通过运算来检验信元的一致性。

■ 连接一致性

- 连接的一致性是根据连接中不一致的信元的数量来定义的；
- 若连接中不一致的信元不超过一个门限值，则该连接就是一致的；
- 进行连接一致性判断的门限值由网络在业务量合约中定义。

■ 通过信元/连接的一致性来判断连接的行为是否符合业务量合约

- GCRA算法可以用来判断连接与信元的一致性；
- 其他选项：如优先级功能、信元标记功能等。

业务类型与业务量控制

	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	ABR	UBR
Cell Loss Rate	specified				unspecified
Cell Transfer Delay	specified			unspecified	
Cell Delay Variation	specified		unspecified		
Traffic Descriptor	PCR/CDVT	PCR/CDVT SCR/BT		PCR/CDVT others	PCR/CDVT
Flow Control	no			yes	no



ATM网的流量控制和拥塞控制措施

- 接纳允许控制 (Connection Admission Control)
- 用户参数控制/网络参数控制 (Usage Parameter Control / Network Parameter Control)
- 网络资源管理 (Network Resource Management)
- 优先权控制 (Priority Control)
- 反馈控制 (Feedback Control)
- 业务流成型 (Traffic Shaping)
- 拥塞控制 (Congestion Control)



ATM网的流量控制和拥塞控制措施

- 接纳允许控制 (Connection Admission Control)
 - 在呼叫建立或重新协商状态发出的为决定是否建立VCC或VPC而采取的一系列措施。
 - CAC在用户和网络之间的协商参数：业务源参数和业务质量参数。
 - 一个呼叫存在多个连接时，CAC模块应对每个连接都进行协商。
 - 永久性/租赁性业务由维护管理模块参与CAC功能的实现。
 - CAC由网络运营者自行处理。



ATM网的流量控制和拥塞控制措施

- 用户参数控制/网络参数控制 (UPC/NPC: Usage Parameter Control / Network Parameter Control)
 - 定义：分别在UNI和NNI处，按照已提供的流量和ATM连接的灵活性，为监视和控制流量而采取的一系列措施。
 - 目的：保护网络资源免受误操作，不影响已建立的各项连接的业务质量，加强每个ATM连接与其已协商好的流量协议之间的一致性。



ATM网的流量控制和拥塞控制措施

- 用户参数控制/网络参数控制 (UPC/NPC: Usage Parameter Control / Network Parameter Control)

- 特征:

- 能检测任何非法的流量状态。
- 能对参数违约作出快速的响应。
- 实现简单。

- 作用范围: 对连接的监视包括所有UNI和NNI的连接, 即所有用户VCC和VPC、信令VCC、元信令VCC等。



ATM网的流量控制和拥塞控制措施

- 用户参数控制/网络参数控制 (UPC/NPC)

- 具体操作:

- 检查VPI和VCI的有效性, 监视从已激活的VPCs、

- VCCs进入网络的流量, 保证协商好的参数不违约;

- 允许信元通过或给信元加标签, 或丢弃已加过标签的信元;

- 在连接级, 可以任意释放连接。

- 采用GCRA算法实现。



ATM网的流量控制和拥塞控制措施

- 网络资源管理 (Network Resource Management)
 - 网络资源管理功能含有许多功能，依实现的差异性有所不同。
 - 其中重要的有：
 - 网络资源的配置：以便按照业务特性，区分各业务流量；
 - VCC/VPC管理：
 - 简化CAC控制；
 - 分离不同的QoS类型，实现优先级控制；
 - 为流量控制操作有效分配信息；
 - 合并用户到用户信息，使UPC/NPC用于业务量汇聚。



ATM网的流量控制和拥塞控制措施

- 优先权控制 (Priority Control)
 - B-ISDN处理综合业务的重要策略;
 - 几种优先权控制策略:
 - 网络操作者提供两种QoS要求的业务类型, 其信元的CLP分别为0和1;
 - 网络操作者可以使用加标签功能, 对违约信元进行打标签操作, 即 $CLP = 0$ 变成 $CLP = 1$;
 - ATM交换机处理信元时的优先级排队机制也反映了优先权控制;
 - 业务QoS等级的提供。



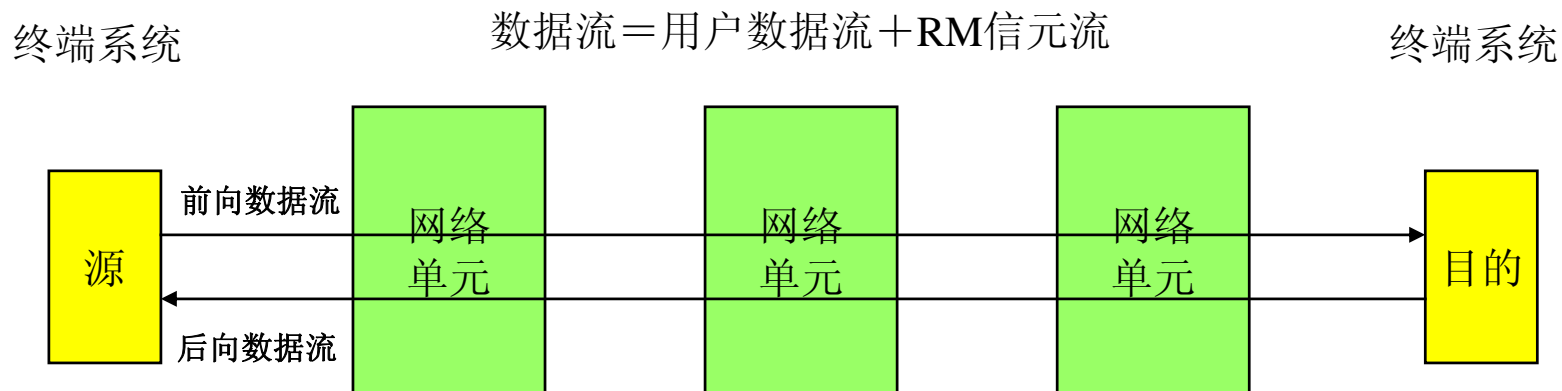
ATM网的流量控制和拥塞控制措施

- 反馈控制 (Feedback Control)
 - 预防型流量控制 (开环) 与反馈型流量控制 (闭环) ;
 - ABR业务的流量控制。

ATM网的流量控制和拥塞控制措施

■ 反馈控制 (Feedback Control)

■ ABR业务的流量控制



ABR业务的数据流和反馈型流量控制机理



ATM网的流量控制和拥塞控制措施

■ 反馈控制 (Feedback Control)

■ ABR业务的流量控制

- ABR业务的流量控制是通过RM信元完成的；
- RM信元混在用户数据流中传送，对终端系统的发送数据速率进行反馈控制；
- RM信元被改写的几种方式：
 - 直接在RM信元中插入反馈控制信息；
 - 对用户数据流的EFCI比特进行设置，目的地根据本拥塞信息改写后向RM信元；
 - 在中途直接产生后向RM信元。



ATM网的流量控制和拥塞控制措施

■ 业务流成型 (Traffic Shaping)

- 定义：是一种改变VPC/VCC上信元流业务特性的机制，它可以修正业务流的特性，但同时保证ATM连接的信元序列的完整性。
- 采取的措施：降低信元速率、限制突发业务流的突发长度、业务排队机制、调整信元时间间隔以降低信元延时变化等。
- 所处的位置：
 - 网络入口；
 - 网络出口；
 - 网络入口和网络出口同时提供；
 - 用户设备中。
- 可以使用GCRA算法实现。



ATM网的流量控制和拥塞控制措施

- 拥塞控制 (Congestion Control)
 - ATM网络拥塞时采取的措施;
 - 通常采用的措施
 - 选择性的信元丢弃
 - 早期包丢弃 (EPD: Early Packet Discard)
 - 直接前向拥塞指示 (EFCI: Explicit Forward Congestion Indication)



思考题

- ATM网络中为什么要引入流量控制和拥塞控制机制？
- ATM网络中定义的业务源参数主要有哪些？
- 业务质量参数和业务源参数的区别是什么？
- 简述ATM网络中主要的流量控制和拥塞控制机制。