

## ITU-R F.2058 报告

适用于传送网际协议包或异步传送模式信元的  
宽频带固定无线接入系统的设计技术

(2006)

## 目 录

页码

1	引言 .....	2
2	按无线信道利用划分的传送 IP 包或 ATM 信元的 FWA 系统的类型 .....	2
3	范围 .....	3
4	参考文献 .....	3
5	缩写 .....	5
6	所论述的技术特性 .....	8
6.1	调制和多址的方法 .....	8
6.2	CoS 和 QoS .....	9
6.3	传送时延特性 .....	9
6.4	VoIP 技术 .....	10
6.5	频谱有效利用的技术 .....	10
6.6	在基于 ATM 的 FWA 系统中的纠错技术 .....	10
附件 1	— 在宽频带 FWA 系统中保证 QoS 或 CoS 的机制 .....	11
附件 2	— 基于 CSMA/CA 的 FWA 的平均接入协议时延和时延变化的典型计算 .....	29
附件 3	— 对基于 TDMA 的 FWA，在多个 VoIP 流状态中附加等待时间的典型计算 .....	34
附件 4	— QoS 等级 0 的网络时延的典型计算 .....	39
附件 5	— 支持 VoIP 技术的宽频带 FWA 系统的技术特性 .....	43
附件 6	— 改善频谱利用效率的技术 .....	50
附件 7	— 在基于 ATM 的 FWA 系统中的纠错技术 .....	53

## 1 引言

在电信市场中，对宽频带业务有迫切要求。使用者在比特率和业务质量方面的需要不是统一的，而是多种多样的。网际协议（IP）和异步传送模式（ATM）正在成为现在有线网中的基本传送模式，以便应付这样的多媒体业务的需要。这一趋势也影响到接入网中所使用的固定无线系统。一般认为希望基于 IP 和基于 ATM 的固定无线接入（FWA）系统应该与有线系统有类似的业务质量（QoS）或业务等级（CoS）控制能力。

QoS 和 CoS 两者定义为由传输性能参数规定的分级的类别。QoS 用于满足使用者的质量要求的传输性能的等级。另一方面，CoS 一般用于主管部门向用户作为指导准则提交的类似的性能等级。

而且，要求 FWA 系统达到在 ITU-T I.356 建议书和 ITU-T Y.1541 建议书中所采纳的在有线网中的 IP 或 ATM 性能参数的指标。为此，FWA 系统物理层参数的设计必须满足这些 IP 或 ATM 性能参数的指标。

ITU-T Y.1540 建议书和 ITU-T Y.1541 建议书规定了物理层参数和 IP 层性能参数（如 IPTD）之间的关系。ITU-T I.356 建议书规定了物理层参数和 ATM 性能参数（如信元丢失比（CLR）或信元差错比（CER））之间的关系。基于 ATM 的 FWA 系统也应该满足 ITU-R F.1668 建议书中规定的（SESR）指标（与 PSTN 相连接的 FWA 系统的性能和可用性的要求和指标在 ITU-R F.1400 建议书中作了描述）。

IP 和 ATM 都是以高时钟频率工作的基于包或基于信元的技术，而 IP 包或 ATM 信元传输可能影响系统设计和射频频谱的利用效率。而且，在 FWA 应用中用于 IP 包或 ATM 信元的必要技术在许多方面是与无线局域网（RLAN）中所使用的技术有共同之处。

本报告的目的是有关载送 IP 或 ATM 数据的 FWA 系统的各个不同方面的典型设计技术和方法。

## 2 按无线信道利用划分的传送 IP 包或 ATM 信元的 FWA 系统的类型

传送 IP 包或 ATM 信元的 FWA 系统按无线信道利用来划分可以分为如下类型。

第一种类型是对每一个用户或在呼叫保持期间永久地分配 — 专用的无线信道。典型的系统是一般使用 20 GHz 以上频带的点对点（P-P）或点对多点（P-MP）宽频带无线接入系统。这种系统通常用于租用线接入业务。

第二种类型是当呼叫尝试发生时分配无线资源。典型系统是为大批使用者提供 PSTN 业务的 FWA 系统。为了降低设备的价格，某些系统使用移动无线接入系统的技术。

第三种类型是仅当如 IP 包或 ATM 信元这样的业务发生时才给分配无线信道。只要开销比特数量不是太大，这种类型与第一种类型相比较，特别是对 P-MP 拓扑来说，达到更高的频谱效率。MP-MP 拓扑也适合于这种 FWA。

第 2 种类型的典型系统包含以 RLAN 为基础的系统。基于 RLAN 技术的 FWA 系统也可能有降低设备价格的优点。在 ATM 信元传输情况下，可以将第三种类型的性能解释如下。FWA 系统传送 ATM 信元的情况有如下两种：

- a) FWA 透明地传输 ATM 信元，不识别在一信元中所包含的任何信息；
- b) FWA 识别出在 ATM 信头部分中所包含的信息，并从而控制在无线段内每一信元的处理。

在情况 a) 中，FWA 的系统设计方法应该基本上与用于 SDH 信号传输的系统相同。这相当于上面所描述的第一类 FWA 系统。

另一方面，在情况 b) 中，为了有效地利用无线电频谱，可以有不同的途径在无线段上传输 ATM 信元。

大多数用于游牧式无线接入 (NWA) 用途的几种 RLAN 或其它类型的在无线段上使用 IP 包或 ATM 信元的无线接入系统已作为商用产品实现或在论坛的标准化组织中作了试验验证。ITU-R F.757 建议书和 ITU-R M.1450 建议书规定了无线接入系统的标准，包括固定的和游牧的两种无线接入系统。

### 3 范围

本报告提供可以适用于基于 RLAN 的 FWA 系统的各种各样的设计技术或 NWA 系统的技术，这些技术提供的以大于几 Mbit/s 的速率传送 IP 包或 ATM 信元，目标是无所不在的渗透率。

建议把这一报告的各附件中提出的设计解决方案作为满足在涉及 IP 和 ATM 传输的各 ITU-T 建议书中所规定的各特定 MAC 标准的一个手段。还应该注意的是在附件 6 提出的材料不适用于 IP 业务，因为空闲信元标志符是非常专门针对 ATM 的。

在这一报告中所讨论的 FWA 的注意力主要集中于 P-MP 应用上，在这种应用场合，由一个基站所提供的无线载波的容量将由几个或更多终端站共同使用，尽管在本报告各附件中所描述的某些技术也可以适用于 P-P 和 MP-MP 的应用。

### 4 参考文献

#### ITU-R 建议书

ITU-R F.757 建议书	利用来源于移动通信的技术提供电话和数据通信业务的固定无线接入系统的基本系统要求和性能指标。
ITU-R M.1450 建议书	宽频带无线局域网的特性。
ITU-R F.1668 建议书	在 27 500 km 假设参考通道和连接中使用的实际数字固定无线链路的差错性能指标。
ITU-R F.1704 建议书	在约 17 GHz 以上频带中工作的具有网格网络拓扑的多点对多点固定无线接入系统的特性，2004。

ITU-R F.1763 建议书	在 66 GHz 以下频段中工作的固定业务中的宽带无线接入系统的无线接口标准。
<b>ITU-T 建议书</b>	
ITU-T Y.1540 建议书	网际协议通信业务 — IP 包传送和可用性的性能参数。
ITU-T Y.1541 建议书	基于 IP 的业务的网络性能指标。
ITU-T P.800 建议书	传输质量的主观评定法。
ITU-T P.862 建议书	用于将 P.862 的原始结果分变换为 MOS-LQO 的映射函数。
ITU-T I.356 建议书	B-ISDN ATM 层信元传送性能。
ITU-T G.107 建议书	在传输规划中使用的计算模型, E 模型。
ITU-T G.113 建议书	由语音处理引起的传输损伤。
ITU-T G.114 建议书	单向传输时间。
ITU-T F.711 建议书	话音频率的脉冲编码调制 (PCM)。
ITU-T G.723.1 建议书	以 5.3 和 6.3 kbit/s 传输的多媒体通信的双速率语音编码器。
ITU-T G.729 建议书	用共轭结构代数码激励线性预测 (CS-ACELP) 的 8 kbit/s 语音编码。

#### 其它参考资料

ETSI TS 101 761-1 v1.3.1	宽频带无线接入网 (BRAN); HIPERLAN 2 型; 数据链路控制 (DLC) 层; 第 1 部分: 基本数据传送功能
ETSI TS 101 856 v1.1.1	宽频带无线接入网 (BRAN); 11 GHz 以下的固定无线接入系统的功能要求: HIPERMAN
ETSI TS 101 999 v1.1.1	宽频带无线接入网 (BRAN); HIPERACCESS; 物理层协议规范

IEEE 局域网和城域网标准 — 特殊要求 — 第 11 部分: 无线 LAN 媒质接入控制 (MAC) 和物理层 (PHY) 规范 — 修正案 1: 5 GHz 频段中的高速率物理层。

IEEE 局域网和城域网标准 — 特殊要求 — 第 11 部分: 无线 LAN 媒质接入控制 (MAC) 和物理 (PHY) 层规范。

IEEE 局域网和城域网标准 — 特殊要求 — 第 11 部分: 无线 LAN 媒质接入控制 (MAC) 和物理 (PHY) 层规范 — 修正案 4: 在 2.4 GHz 频段中进一步更高速率的物理层扩充。

IEEE 局域网和城域网标准 — 第 16 部分: 固定宽带无线接入系统的空中接口。

ARIB STD-T70 v1.0 — 低功率数据通信系统/宽带移动接入通信系统 (HiSWANa)。

业务级别简化和动态多播过滤的设计和考虑 IEEE 标准 802.1D 附件 H, IEEE, 1998。

<http://www.ietf.org/html.charters/mpls-charters.html>

<http://www.ietf.org/html.charters/diffserv-charter.html>

<http://www.ietf.org/html.charters/rsvp-charter.html>

无线媒质接入控制 (MAC) 和物理层 (PHY) 规范: 媒质接入控制 (MAC) 对业务质量 (QoS) 的增强, IEEE 标准 802.11e/D1, 2001 年 3 月。

INOUE, Y., SAITOH, S., IIZUKA, M. 和 MORIKURA, M. (2000 年 12 月) 对固定无线接入系统使用 CoS 控制机制的一个满意的数据传送方法 2000 年宽带无线接入系统国际会议 p.19-25。

KAGAMI, O., OTHA, A. 和 HOJO, H (2002 年 11 月) 用于基于 HiSWANa 标准的 AWA 系统的小型无线接入设备的开发, *NTT Rev.*, p.49-53, Vol.14, No.6。

TTC 标准 JJ-201.01 (2003) 一个 IP 电话语音质量评估方法。

ETSI TR 101 329-7 — 在 TIPHON 系统中的端对端业务质量; 根据端对端语音传输的观点对 TIPHON 连接的各元素的设计指导。

MASUDA, M 和 ORI, K (2001 年 11 月) 在估计 VoIP 的语音质量中的网络性能衡量标准, IEICE APSITT2001, p.333-337。

ICHIKAWA, T 等, 基于 802.11 标准的 CSMA/CA 的特性的近似方法, B-5-186, 2003 IEICE 会议会刊。

## 5 缩写

本报告采用下列缩写:

ACK	确认
AIFS	仲裁帧间空隙
ARQ	自动重传请求
ATM	异步传送模式
BC	广播信道
BCC	分组卷积码
BE	尽力而为
BEB	二进制指数补偿
BER	比特差错率
BS	基站
BWA	宽带无线接入
CBR	恒定比特率
CBQ	基于等级排队
CDV	信元时延变化
CER	信元差错率
CLR	信元丢失率

CMR	信元插错率
CoS	业务等级
CSMA/CA	具有碰撞规避的载波感应多址
CTD	信元传送时延
CW	争用窗口
CWmin	最小争用窗口
DAMA	按需指配多址
DiffServ	区别服务
DIFS	分配协调功能帧间空隙
DL	数据链路
DS	区分服务
DSA	动态时隙指配
EDCF	增强分配协调功能
FCS	帧校验序列
FDD	频分双工
FSDD	切换式频分双工
FEC	前向纠错
FIFO	先进先出
FTP	文件传送协议
FWA	固定无线接入
GBN	退回 N 步法 (ARQ)
GBR	保证比特率
HCF	混合协调功能
HEC	信头差错控制
HIPERACCESS	高性能无线接入网
HIPERMAN	高性能无线城域网
HRP	假设参考通道
IEEE	电气电子工程师协会
IETF	网际工程工作组
IP	网际协议
IPDV	IP 包时延变化
IPER	IP 包差错比
IPLR	IP 包丢失比
IPTD	IP 包传送时延
ITU-R	国际电信联盟 — 无线电通信部门

ITU-T	国际电信联盟 — 电信标准化部门
LCO	信元丢失输出
LDP	标签分配协议
LSR	标签交换路由器
MAC	媒质接入控制层
MC	多播
MP	测量点
MP-MP	多点对多点
MPLS	多协议标签交换
MOS	平均评定分
NAK	否定的应答
nrtPS	非实时轮询业务
OFDM	正交频分复用
PCR	峰值信元速率
PDU	协议数据单元
PHSI	净荷信头压缩标识符
PLC	包丢失隐藏
PS	物理时隙
$P_{pl}$	包丢失概率
$P_{pIN}$	网络中的包丢失概率
$P_{pIB}$	在抖动吸收缓存器中的包丢失概率
PHB	每一跳的行为
PHY	物理层
P-P	点对点
P-MP	点对多点
PESQ	语音质量的感觉评估
PSTN	公共交换电话网
QoS	业务质量
R	额定因子
RSVP	资源保留协议
rtPS	实时轮询业务
RTS/CTS	请求发送/清除发送
SLA	业务等级协议
SC	单载波
SDH	同步数字系列

SDMA	空分多址
SIFS	短帧间空隙
SR	选择性重复
TC	业务类别
TCI	标签控制信息
TDD	时分双工
TDM	时分复用
TDMA	时分多址
ToS	业务类型
TTC	电信技术委员会
UBR	未规定的比特率
UGS	主动提供的授权业务
UNI	使用者网络接口
VoIP	网际协议上的电话
WAN	广域网
WFQ	加权公平排队
WRR	加权循环

## 6 所论述的技术特性

### 6.1 调制和多址的方法

为了对传送 IP 包或 ATM 信元的宽频带 FWA 系统优选的多址方法和调制技术提供指导,可以参考表 1。

表 1  
多址方法和调制技术

所传送的信号	多址 <sup>(1)</sup>	调 制
IP 包	TDM-TDD/FDD	自适应(4-, 16-, 和 64-QAM) <sup>(2)</sup>
	TDMA-TDD/FDD	自适应(BPSK, 4-, 16-,和 64-QAM) <sup>(2)</sup>
	OFDMA-TDD/FDD	自适应(BPSK, 4-, 16-, 64-和 256-QAM) <sup>(2)</sup>
	DAMA-TDD/FDD	可预设(4-和 16-QAM)
	CSMA/CA	CCK (QPSK)
	DSSS-OFDM	DSSS (BPSK, QPSK)
ATM 信元	TDM-TDD/FDD	自适应(4-, 16-,和 64-QAM) <sup>(2)</sup>
	TDMA-TDD/FDD	自适应(BPSK, 4-, 16-,和 64-QAM) <sup>(2)</sup>
	OFDMA-TDD/FDD	自适应(BPSK, 4-, 16-, 64-和 256-QAM) <sup>(2)</sup>
	DAMA-TDD/FDD	可预设(4-和 16-QAM)

<sup>(1)</sup> 包括双工技术

<sup>(2)</sup> 这些调制技术可能与 OFDM 同时应用。



## 6.2 CoS 和 QoS

在各种各样的宽频带应用中，对有业务质量保证的各种业务有比较大的需求。还希望在通信量和各种不同的业务相适应的 FWA 系统中采取业务质量保证措施。

基于 ATM 的 FWA 有 QoS 控制的能力，它是 ATM 传送的能力之一。相反，由于无线信道的有限带宽和特性，CoS 控制是基于 IP 的 FWA 系统中的一个切实可行的解决方案。

附件 1 描述了用分布式控制或集中式控制的方法在 FWA 系统中提供 CoS 和 QoS 控制的机制。

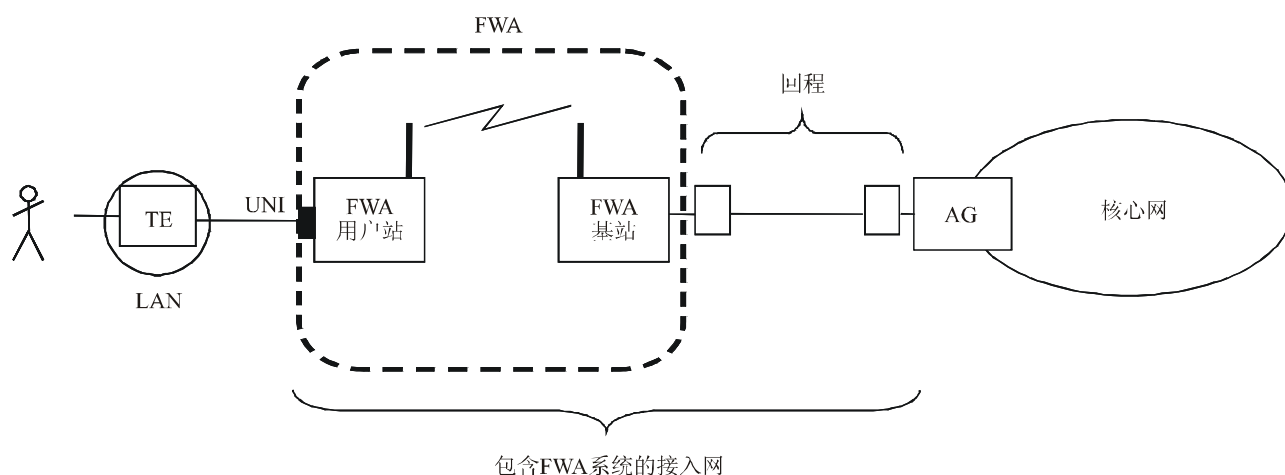
## 6.3 传送时延特性

ITU-R Y.1541 建议书规定了总的 IP 性能指标。在设计传送 IP 包或 ATM 信元的 FWA 系统时，在性能参数中，应该考虑 ITU-T Y.1540 建议书中所规定的各个传送时延参数，即 IPTD 和 IPDV。

目前，还没有将 UNI 端 UNI 端对 IPTD 和 IPDV 的要求如何细分到构成接入网的各个部分的规范。基本上，FWA 系统应该被设计或能够满足总的 IPTD 和 IPDV，例如在图 1 中的配置中，要满足 ITU-T Y.1541 建议书中所规定的要求。

图 1

在接入网中使用 FWA 系统



AG: 接入网关  
TE: 终端设备  
UNI: 用户网络接口

Rap 2058-01

为了达到上面的要求，要注意考虑下面的问题。

一般，FWA 设备（例如用户站、基站等等）可能有某些缓存器，用于控制传输定时，补偿抖动、帧格式化等等。这样的缓存器导致在 FWA 系统中时延性能劣化。用于 FWA 系统的有代表性的接入协议是 CSMA/CA 和 TDMA，并且这样的接入协议可能成为 FWA 系统中时延特性的主要因素。

### 6.3.1 关于 IPTD 的考虑

在 CSMA/CA 方案中，为了避免包的碰撞，采用了回退和 RTS/CTS 发送技术。那些技术会使 IPTD 劣化，特别是当许多站同时试图发送包时更是如此（见附件 2）。

在 TDMA 方案中，基站控制整个带宽，并将它们指配给每一业务流，所以，原则上能够实现无碰撞的连接。一旦能够完成一开始的连接程序，可能不会像 CSMA/CA 那样出现由于像回退和 RTS/CTS 那样的碰撞规避措施所引起的 IPTD 劣化。然而，像调度算法、帧结构、业务负荷和容量那样的几个因素可能成为 IPTD 劣化的原因（见附件 3）。

### 6.3.2 关于 IPDV 的考虑

基于 CSMA/CA 的 FWA 系统通常采用 BEB 的方案。它可能偶然会产生大的 IPDV。这一方案减少了从多个站同时重发的概率，但是要造成 IPDV 的劣化。此外，特别是在长的包在相当长的时间段内占用无线信道的情况下，其它要发送的包就会发生等待时间增加的问题。这也导致 IPDV 劣化。

在 TDMA 方案中，基站能够以业务流为基础控制带宽。所以，与 CSMA/CA 相比较，能够实现低抖动传输。

给出了对 IP 网络的接入部分计算无线系统产生的 IPTD 和 IPDV 的一些例子，供技术指导用（见附件 4）。

## 6.4 VoIP 技术

现在，VoIP 被看作是基于 IP 的网络的最有吸引力的解决方案之一。

对 VoIP，有几个提供某些 QoS 的性能参数。ITU-T 建议书为端对端的网络（包含有线和无线两部分）规定了其中某些参数，例如时延或包丢失比。还应该规定在无线部分中的这样一些性能参数的指标。

附件 5 提供了支持 VoIP 的宽频带 FWA 系统的技术特性。这些特性是根据 TTC 的研究结果推导出来的，可以在 TTC 的标准 JJ-201.01 — IP 电话的语音质量评估方法（2003）中找到。

## 6.5 频谱有效利用的技术

有效地利用频谱的两种可能的控制方法由物理层控制技术和 MAC 层控制技术组成。

物理层控制技术进一步分类成两种方法。一种方法是采用自适应调制、自适应 TDD 和 DAMA，将包或信元完全填满。另一方法是应用使用扇区天线或阵列天线的 SDMA 来提高频谱利用率。

MAC 层控制技术根据它的应用或业务质量给数据指配足够的频谱。为了提高数据负荷利用效率，将数据分段或打包。附件 6 描述为了达到有效的频谱利用，用于基于 ATM 的 FWA 的去掉空闲信元，同时又不引入 CDV 的技术。

## 6.6 在基于 ATM 的 FWA 系统中的纠错技术

在基于 ATM 的 FWA 系统中，ARQ 和/或 FEC 有效地改善了差错性能。

附件 7 提供了一个基于 ATM 的 FWA 系统中的纠错技术。

## 附件 1

### 在宽频带 FWA 系统中保证 QoS 或 CoS 的机制

#### 1 引言

本附件描述了在宽频带 FWA 系统中保证 QoS 和/或 CoS 的机制。有两种类型的无线信道接入方案。一种是分布式控制系统，而另一种是集中式控制系统。分布式控制系统的例子是 IEEE 802.11 系统。它们是采用 CSMA/CA 的包交换业务。另一方面，在集中式控制系统中，基站给用户终端指配 TDMA MAC 帧的时隙或者指配 OFDMA 中的一个组合的频率和时间分段。集中式控制系统的例子是 ETSI-BRAN HIPERMAN, HIPERACCESS, HIPERLAN, IEEE802.16-2004 或 MMAC-HSWA HiSWAN。即使在过载条件下，只用集中式控制系统的条件下，满意的 QoS 是可以达到的。

有两种达到 QoS 和 CoS 的方案。一种是分优先等级的方案，它在不规定业务专门参数的情况下提供各种业务等级中的优先级控制。另一个是保证所要求的通信质量参数的参数化方案。只有参数化方案有保证 QoS 的可能性。

首先，§2 提供了 CoS 的梗概。其次，§3 表示了支持 CoS 控制的排队和优先级管理机制。然后在§4 和 §5 中分别论述了分布式控制方案中的 CoS 控制机制和集中式控制方案中的 QoS 控制机制。最后，§6 将分布式控制方案和集中式控制方案进行比较。

#### 2 CoS 控制梗概

##### 2.1 飞机模型

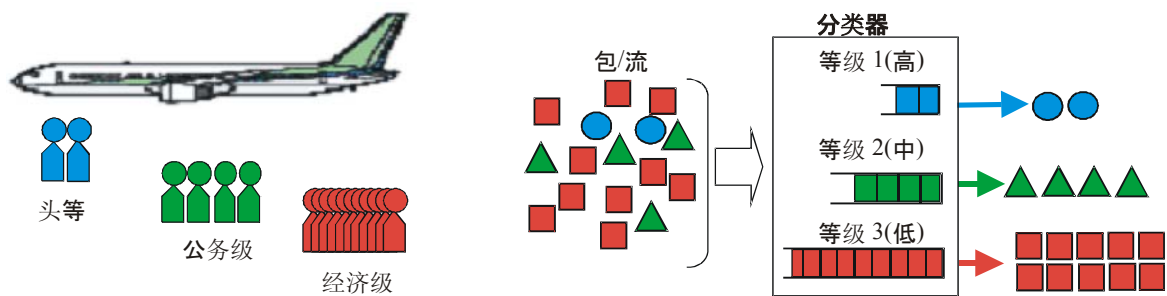
CoS 控制经常用一个“飞机模型”来解释（见图 2）。业务质量被分为几种业务等级，正好像飞机的座位一样，飞机座位分为头等舱、公务舱和经济舱三等。为了提供高水平的业务，使用比普通的尽力而为等级更高业务等级，例如保证最短的时延或可用带宽。若接受了来自用户的请求，就提供高质量的业务。为了确定对数据传送，准许用哪一个业务等级，使用准入控制或政策控制的方法。每一数据传送都是根据那个业务等级相应的质量进行传送的。然而，由于可用带宽是受限的，在这样的高业务等级中载送的业务量是受到限制的。

##### 2.2 在 FWA 环境中，对尽力而为的数据流的 CoS 控制机制

###### 2.2.1 CoS 控制的优先级控制

为提供 CoS 控制必须至少有两个 CoS 等级。优先级是与 CoS 有联系的，并根据优先级作业务区分。基站 (BS) 必须对每一尽力而为的数据传送确定 CoS。用户在发送他的尽力而为的数据过程中，必须知道 CoS。在下一节中将引进对用户确定和传送哪一种 CoS 的方法。

图 2  
飞机模型



Rap 2058-02

### 2.2.2 优先级的确定

对基站和用户站之间传输尽力而为的数据，有几种决定 CoS 的方法。在传输尽力而为数据中，商务用户或高端客户比其它客户有更高的优先级。在这一情况下，为了确定用户的 CoS，使用认证机制。基站可以控制分配给一个用户的带宽，用户通过发送或接收更大的数据量占用系统资源。为了保护系统资源不被贪婪的用户侵占，基站可以将这样一个贪婪的用户改变到低优先级。在这一情况下，基站检查每一用户所发送的和/接收的数据量，并根据数据量和已确定的门限改变 CoS。

在两种情况下，确定用户的 CoS 是基站的作用。在前一情况下，基站可以询问认证服务器或可能检查内部数据库。在后一情况下，基站能够控制为每一用户所提供的 CoS。

### 2.2.3 给各用户的 CoS 通知

为了在正方向和反方向上对 CoS 加以控制，基站需要注意每一用户的 CoS。为此，使用了出站或进站信令。

在出站信令方案中，在数据传输发生前，基站给每一用户发送业务等级信息。在这一情况下，基站也必须把对它的 CoS 的改变通知用户。

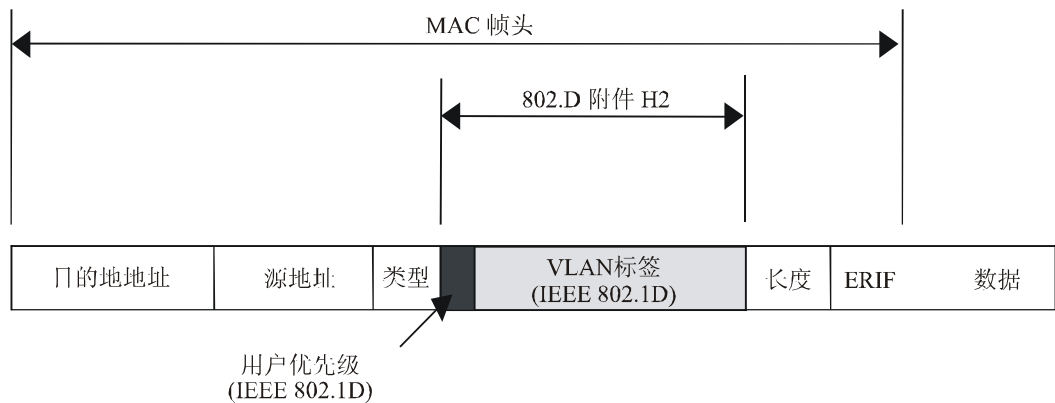
另一个可选方案是进站信令方案，基站像 IEEE 802.1D 附件 H2 标准中那样，使用已规定的类似机制，和数据一起发送关于已确定的 CoS 的信息，如图 3 所示。基站在帧的信头中设置帧的优先级。因为优先级是与 CoS 相联系的，用户能够从优先级信息中辨认出 CoS。

如图 4 所示，用户设置与最后接收到的数据帧相同的优先级信息。

在接入控制方法中，必须考虑已确定的 CoS。虽然有许多随机接入的方法，但它们的大多数都不支持这样的功能要求。为了提供分优先级的传输，已知提出了一个基于 CSMA/CA 的方法。

对 FWA 系统中的 CoS 控制而言，由进站信令方案来作优先级控制的方案似乎是一个切实可行的解决方案，因为与出站信令相比较，它不需要太多的带宽。

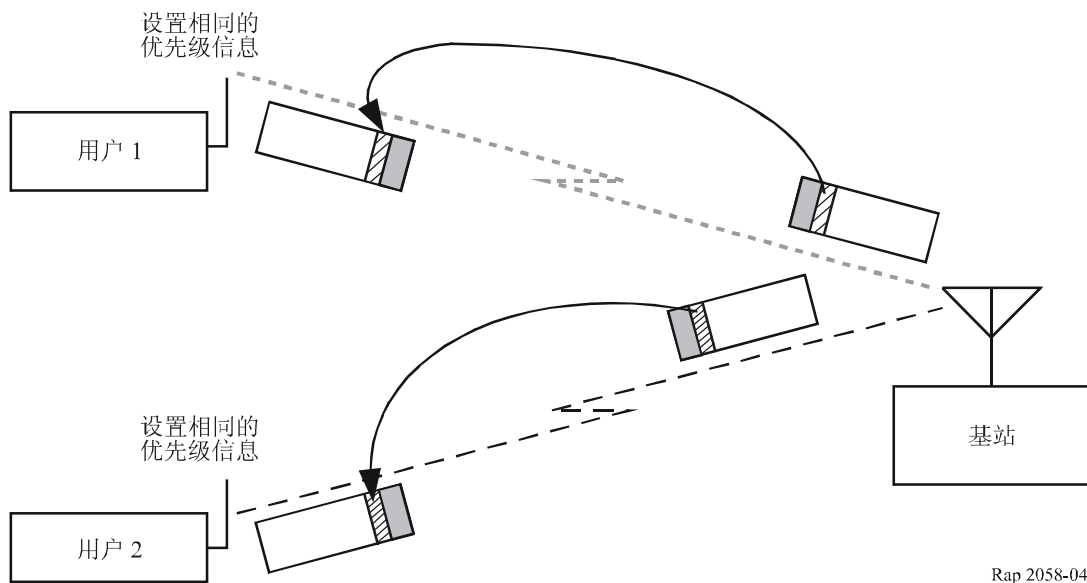
图 3  
用帧加标签的方法进行优先级控制



ERIF: 嵌入的选路信息域

Rap 2058-03

图 4  
由入站信令方案发 CoS 通知



Rap 2058-04

## 2.3 CoS 控制的效应

### 2.3.1 公平接入

CoS 控制的一个有用的方法是防止特殊的用户占用无线信道的有限带宽和对所有用户提供公平接入的机会。用设置比一般尽力而为级更低的业务等级的方法，单独消耗掉大多数频率资源的用户将强制降低业务等级。

在基站上，对每一用户所传送的数据量进行检查以后，运营商就能够知道每一用户的活动情况。已有了一些以每一用户所传送的数据量进行检查的方法。例如，IP 地址可能是足以区分出数据量大的用户。当然，运营商能够更细致地检查业务流。

为了防止系统资源被企图过量占用系统资源的用户占用，业务提供商必须有一个政策控制机制。

### 2.3.2 端到端的 CoS 控制

为了在端到端的区域内提供 CoS 控制，FWA 基站和/或它们的上级路由器需要有 CoS 处理功能，并且如有可能，用户终端也应该有相应的功能。CoS 控制是否实现，取决于可用的带宽。为了满足各用户的各种各样的使用者的要求，系统必须有比一般的尽力而为业务所需要的带宽多得多的带宽。尽管带宽受限，并且无线信道不是那么可靠，然而，仍然将提供某种水平的 CoS 控制。

## 3 在 FWA 系统中的支持 CoS 控制的排队和优先级管理机制

### 3.1 引言

这一节引进了支持 FWA 系统中的 CoS 控制的排队机制和优先级管理方案。为了根据业务等级作服务区分，将使用提供优先级控制和/或公平数据传输的排队机制。简要地描述某些类型的优先级排队机制。而且，为了使用 CoS 控制机制实现公平的数据传送，提出了优先级管理方案。

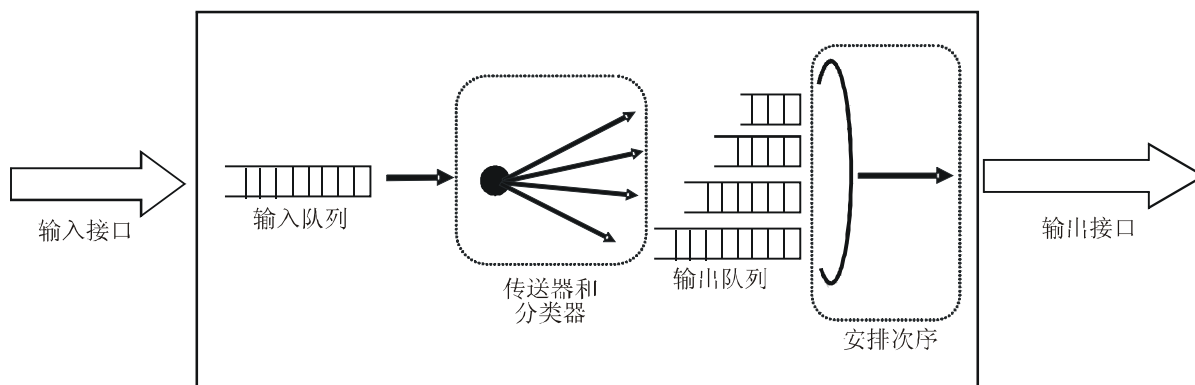
### 3.2 用于 FWA 系统的排队机制

CoS 控制是根据其业务等级保证每一次数据传送的通信质量的机制。当在端系统之间的所有结点都有根据业务等级作业务区分的功能时，CoS 控制就实现了。实现这一目标的基本机制是排队。

可以把排队看作将 IP 包重新排序的一个缓存操作，它在前转的结点中起很重要的作用。当一个结点将从接口的输入队列中的包转发给另一接口的输出队列时，就完成了这一操作，如图 5 所示。在这一过程中，包的分类和输出队列的包的安排在支持 CoS 控制中起着很重要的作用。在本节中，考虑了许多输出排队的方法，即包安排次序的方法，并简要地引入了某些基本的机制。

图 5

在前转结点中的排队和包安排次序



### 3.2.1 先进先出 (FIFO) 排队法

FIFO 排队法是以存储或前转的方式将 IP 包从输入接口载送到输出接口的标准方法。在 FIFO 排队法中，进来的包按到达的次序放入队列中，并以相同的次序将这些包发送到输出接口。

FIFO 排队法是最流行的机制，许多卖主在它们的产品中实施这一排队法。尽管 FIFO 排队法是简单和快速的机制，但是当通信业务的负荷增加时，它会受到排队时延的损害。而且，它不能作业务区分，所以，它支持 CoS 控制功能是有困难的。

### 3.2.2 优先级排队法

在优先级排队法中，高优先级的包总是在其它包以前进行处理。分清业务类型并将高优先级的包放在输出队列的开头就实现了优先级排队。可能使用与所提供的业务等级相对应的几个输出队列。在优先级排队法中，根据已确定的次序，将到达的包放入输出队列中。所以，较高优先级的包在较低优先级的包以前发送出去。

### 3.2.3 基于等级的排队法 (CBQ)

在 CBQ 中，将网络中的业务分类或由网络运营商规定的某些等级，以便根据业务的类型作不同的前转操作。一个包根据它的业务等级转发。前转结点以每一种业务等级有输出队列，并且运营商能够为每一队列安排好输出的业务。与优先级排队法相反，CBQ 根据已分好类的传输级别给每一个包一个前转的机会。

### 3.2.4 加权公平排队法 (WFQ)

WFQ 是优先权排队法和公平排队法的一种组合机制。它考虑了优先级和每一业务等级的业务量，实现了公平的数据传送。

## 3.3 在第 3 层或更高层上的 CoS 控制机制

为了支持端用户之间的 CoS 控制。已经提出了在 IP 层运作的某些机制。这些方案有效地提供了端对端的 CoS 控制。若在系统中的 FWA 基站或路由器支持该功能，能够提供各种各样的多媒体业务。表 2 列出了对第 2 和 3 层或更高层的流行的 CoS 控制方法。

表 2  
流行的/CoS 控制方法

层 次	方 法		标 准 化
第 2 层	IEEE 802.1D 附件 H2	IEEE 802.1D 附件 H2 加标签	IEEE 802 委员会
第 3-4 层	MPLS	标签交换	IETF
	DiffServ	使用 DS 域 (IP ToS 域)	IETF
	RSVP	RSVP 信令	IETF

### 3.3.1 多协议标签交换

为了作高速包前转，使用标签交换技术。为了将数据流与其它数据流区分开来，把从数据链路层来的可以被参考的标签指派给该数据流。在 MPLS 中使用标签交换路由器 (LSR)。在标签路由器中，检查该包的帧信头中的标签以后，不用第 3 层而用第 2 层完成包的转发。所以，因为除了第 1 个包外，不必要作 IP 信头分析，所以能够实现高速包交换。

当给数据传送指派标签时，也能够为那次传送指定业务质量。由 LDP 将一数据传送的标签传播给其它 LSR。在这个时候，也分配了业务等级和由 LSR 提供 CoS。为了支持端对端的 CoS 控制，将一个一般的路由器和其它 LSR 连接起来的 LSR，即边缘路由器也必须支持 DiffServ 模型。

### 3.3.2 区分服务 (DiffServ)

在 DiffServ 模型中，由 IP 包信头中的 ToS 域区分业务级别。在 IPv4 中，不使用 ToS 域，在 DiffServ 模型中重新规定了那个域的含义。在 DS 域中，提供了基于政策或规则的业务控制，DS 域是由能够 DS 的结点所构成的。PHB 为规定的 CoS 的每一数据流规定了 DS 结点的工作，如包转发的方式。

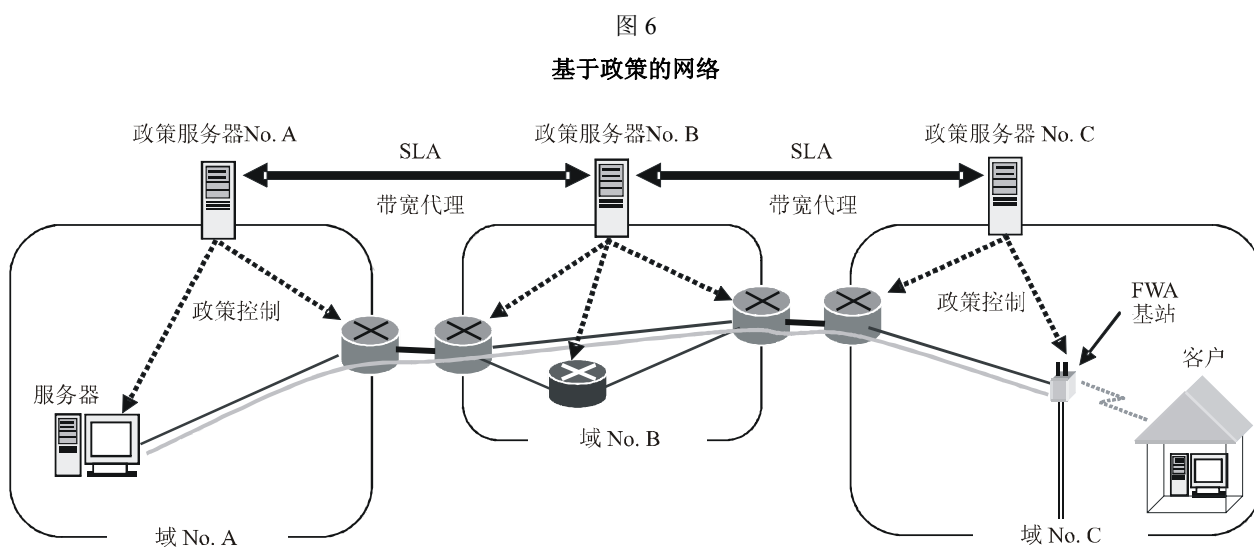
当按规定的业务质量在 DS 域上传送数据时，那些 DS 域的政策服务器相互协商。若完成了 SLA，则由一个带宽代理获取数据传送的必要带宽。

### 3.3.3 对 CoS 保证的基于政策的网络管理

为了根据用户的要求确定数据传送的优先级或者为了控制用户的优先级，基于政策或基于规则的网络管理是必要的。将使用政策控制器和准入控制器来管理网络资源或用户的优先级。

当利用基于政策的网络管理时，在 FWA 系统中，希望在第 2 层协议上使用集中式接入控制机制。虽然随机接入，如 CSMA 或其变型，可能足以提供尽力而为的业务，但是集中式接入机制，如基于轮询的协议将是必要的，以便为数据流传播和保证已确定的 CoS。

图 6 表示了一个例子。





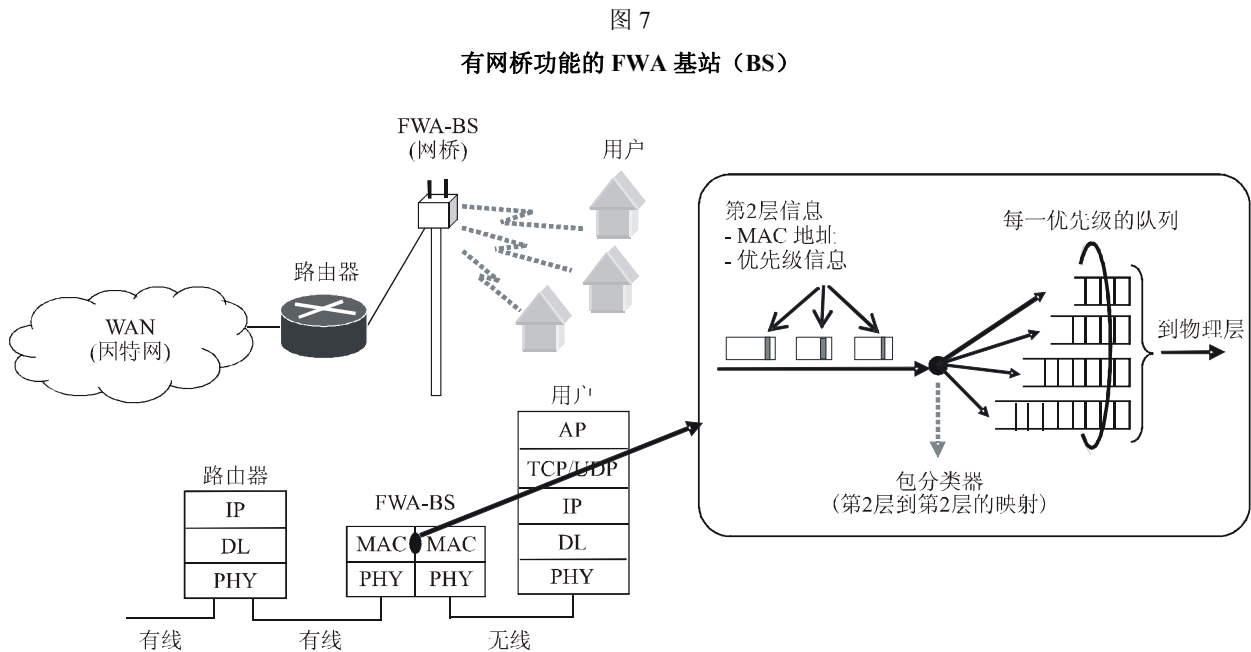
### 3.3.4 在 FWA 系统中的 CoS 控制机制

在 FWA 系统中，为了根据 FWA 基站功能实施 CoS 控制机制，可以考虑某些策略。因为 MAC 层规定了接入的程序，基本上，在无线区域内，MAC 层将有对数据流的 CoS 控制功能。

#### 3.3.4.1 当 FWA 基站是一个网桥时

当 FWA 基站如图 7 所示那样，作为一个网桥进行工作时，实现 CoS 的一个简单方法是有一些与每一种业务级别相对应的队列。基站根据 MAC 帧的信头中的优先级信息判断帧的优先级并把它适当地进行排队。当基站将帧从有线区转发到无线区或者反过来转发时，可能需要协议转换并且将在那个过程中完成上面的工作。当发送被缓冲的帧时，基站根据已确定的算法以该缓存器取出一个帧，然后将它发送到信道上。保证 CoS 的一个方法可能是排队和优先级管理法。

实现 CoS 的其它方法正在研究之中。



BS: 基站

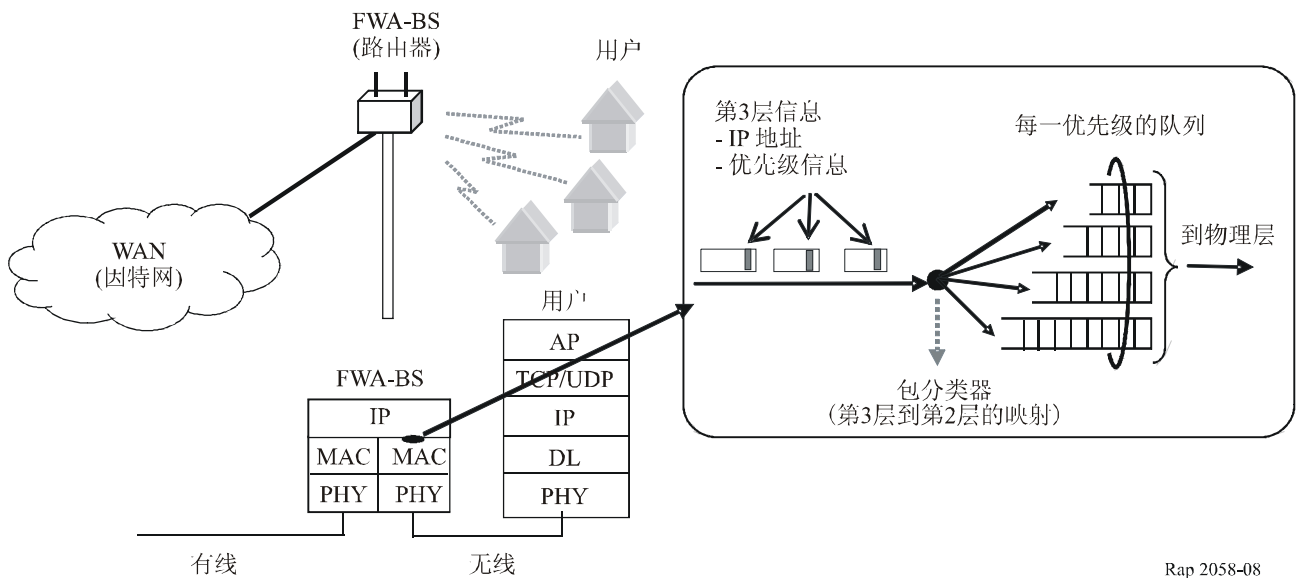
Rap 2058-07

#### 3.3.4.2 当 FWA 基站是一个路由器时

当一个 FWA 基站作为一个路由器进行工作时，图 8 描述了提供 CoS 控制的一个例子。在这一情况下，基站必须处理不同的层之间、即第 3 层和第 2 层之间的优先级信息。在许多方案中，为了将高优先级的包和一般的尽力而为的包区别开来，使用进站信令法。在这一情况下，将优先级信息写在包的信头中。假设在 MAC 层中，FWA 基站有优先排队功能并完成在第 3 层中业务等级的映射和第 2 层中的优先级的映射。

图 8

具有路由器功能的 FWA 基站



Rap 2058-08

### 3.3.4.3 用户终端

FWA 系统的用户终端将需要某些 CoS 控制的机制。

当接收到一数据帧时，用户终端的 MAC 层必须理解在该帧中的优先级信息并将它递交到上一层。若用户要发送高优先级的数据，该终端的 MAC 层必须设置该帧的优先级信息。

当用户终端是高优先级数据的源时，可能要求该功能与政策服务器路由器或基站进行协商，以便为该数据保留带宽。

## 4 FWA 系统使用分布式控制方案的 CoS 控制机制

### 4.1 为了支持 CoS 控制扩充 CSMA/CA 协议

基于 CSMA 的方法广泛用作 LAN 环境中的分布式 MAC 机制。IEEE 802.11 LAN 系统使用 CSMA/CA 协议作为它的基本接入方法。CSMA/CA 协议为各个站提供相等的发送数据的机会，并且不考虑数据的优先级。为了支持 CoS 控制，必须修改 CSMA/CA 协议，以便考虑发送数据的优先级作业区分。用改变 CSMA/CA 协议的回退程序的方法建立数据优先级。这一节简要地解释了原来的和经修订的 CSMA/CA 协议。

### 4.2 原来的 CSMA/CA 协议

在 CSMA/CA 协议中，基站和各用户连续地检测该信道，以便知道该信道是否可用。若该站在被称为 DIFS 的特定的时间段内没有检测到信号，则该信道似乎是空闲的。

当数据到达一个站时，若检测出该信道空闲，则它直接开始发送数据。若在数据到达时，该信道是忙的，一旦该信道变成空闲，为了避免碰撞，该站要实施回退程序。在回退程序中，准备发送数据的站通过从一个确定的范围内产生随机数  $N$  的方法，在发送以前，产生一个随机的回退时间。然后，该站开始减少回退时间。在每一被称为“间隙时间”的周期内，减小随机数。若它的回退时间变为 0，基站开始发送该帧。在随机数变为 0 以前，该信道再次变化的情况下，该站就停止减少回退时间，并等待该信道成为空闲信道。当信道再次空闲时，该站再一次开始减少它的回退时间的余额。

正确地接收到一个数据帧的站在一规定的被称为 SIFS 的时间周期内给发送方回复一个 ACK（肯定）。若在规定的时间内，发送方没有收到 ACK，它实施前一数据帧的重发。

### 4.3 用于业务区分的修订过的 CSMA/CA 协议

在修订过的 CSMA/CA 协议中，假设基站至有两个尽力而为业务的队列。每一队列都有它自己的发送数据的优先级，并且优先级和业务等级相对应。在假设有两种用于尽力而为传输的业务等级的条件下，描述经修订的 CSMA/CA 协议的算法。有较高的数据传输优先级的业务等级称为高优先等级，而有低优先级的业务等级称为低优先等级。

为了作业务区分，按图 9 所示修订 CSMA/CA 协议的回退算法。在修订过的 CSMA/CA 协议中，各个站根据业务等级使用不同的间隙时间。在图 9 中，在基站和用户 1 之间，以高优先级完成数据交换，而这些站在回退算法中使用的间隙时间的值设置为  $T_A$ 。同样，基站和用户站 2 之间以低优先级进行数据交换，并设置间隙时间的值为  $T_B$ 。如图 9 所示， $T_A$  小于  $T_B$ 。由于使用了不同的间隙时间值，高优先级的数据比低优先级的数据有要更频繁地发送的趋势。所以，第一业务级别的发送尝试次数反映了该业务等级的优先级。

基站有两个与数据的业务等级相对应的传输队列。对每一传输队列而言，它独立完成 CSMA/CA 程序。用户站以它们的由基站所规定的业务等级发送数据。结果，达到了根据业务等级作业务区分。

## 4.4 在 FWA 系统中基于 EDCF 的 CoS 控制

### 4.4.1 传统的 DCF

IEEE 802.11 无线系统的基本信道接入程序是图 10 中所表示的称为 CSMA/CA 的 DCF(分配协调功能)。CSMA/CA 协议为准备发送数据的各个站提供了相等的发送数据的机会，并且不考虑数据的优先级。在 CSMA/CA 协议中，按分配好的方式发送各个帧。

在发送前，即将发送数据的站检测信道。若在大于载波感应时间 DIFS 内，没有检测到载波，则认为该信道是空闲的。若信道是空闲的，站就直接开始发送数据。若信道不空闲，则一旦信道变成空闲，该站就实施回退程序，并产生供回退定时器用的随机数。若该信道继续是空闲的，则该站在该载波内以规定的时间间隔（称为“间隙时间”）递减该回退定时器，并且当回退定时器达到零时，发送数据。

成功地接收了一个帧的站在收到以后的 SIFS 时间内，向发送方回复一个 ACK。若在规定的时间内没有回复 ACK，数据帧的发送方重发该帧。

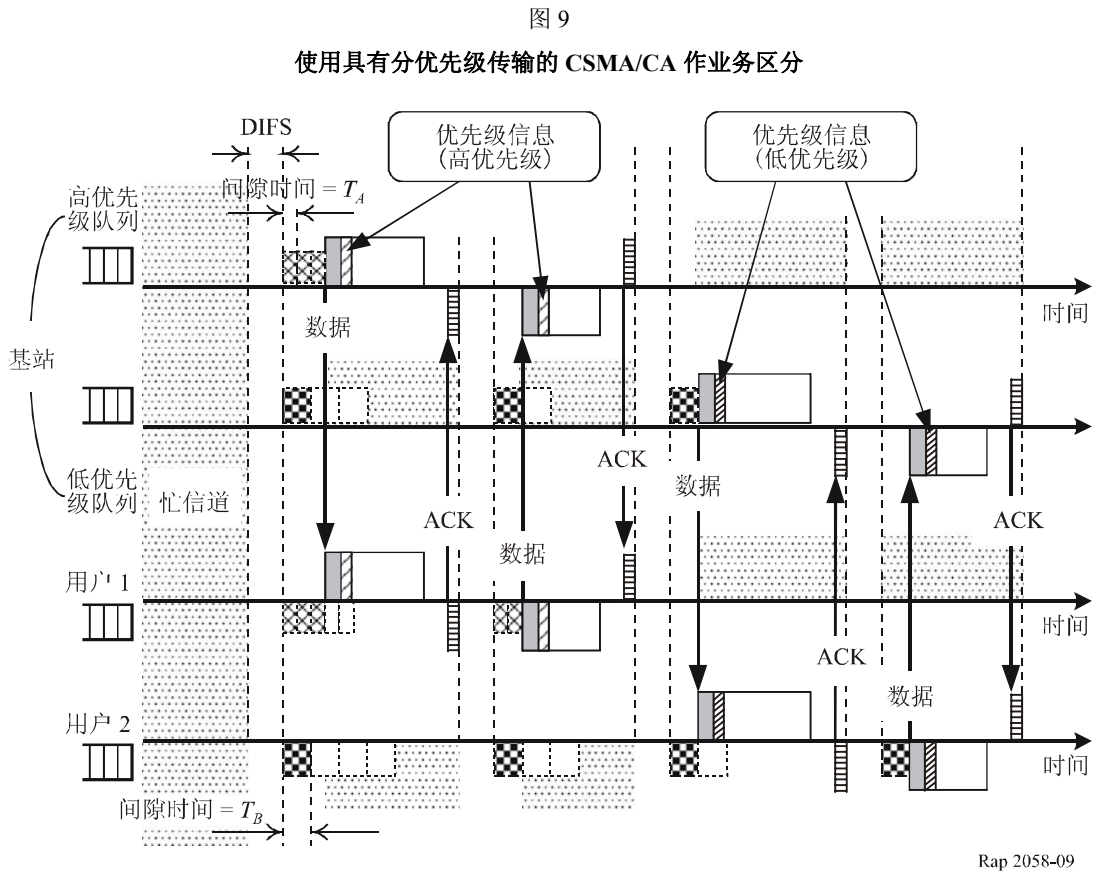
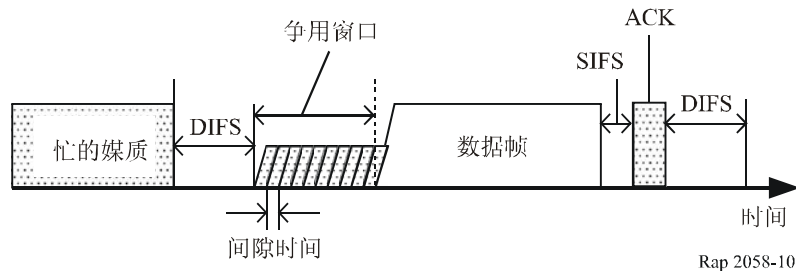


图 10  
IEEE 802.11 信道的例子

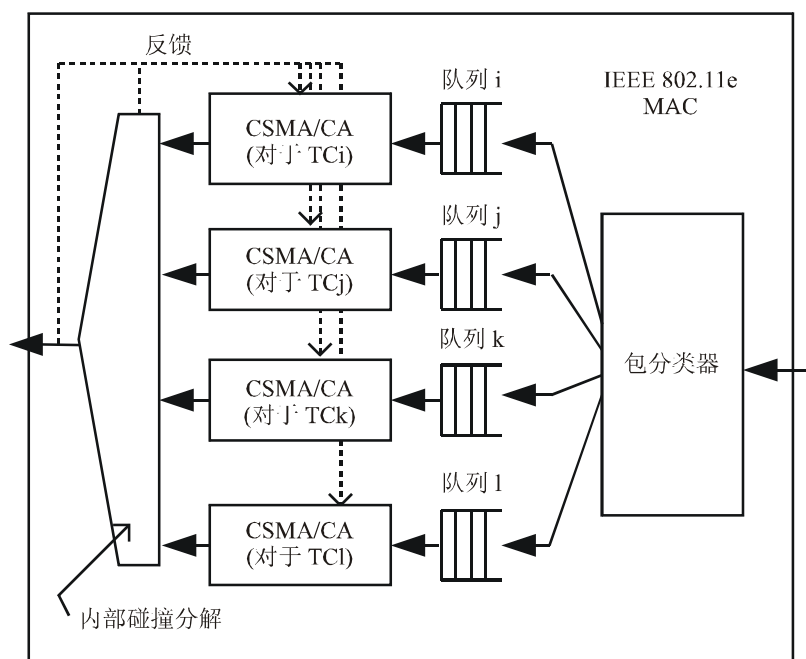


#### 4.4.2 增强的分布协调功能

EDCF 是经修订的 CSMA/CA 机制。在 EDCF 中，数据帧最多被分为 8 个业务等级 (TC)，TC 的数目与 IEEE 802.1D 附件 H 中所定义的 TC 相匹配。图 11 显示了 IEEE 802.11TGe MAC 的结构。EDCF 站最多有 8 个分优先级的输出队列，每一 TC 一个队列。当 EDCF 开始发送数据帧时，某些输出队列为了发送数据帧的机会使用 EDCF 程序相互竞争。EDCF 协议对分优先级的输出队列提供到无线媒质的作区分的 CSMA/CA 接入，并在考虑数据帧的优先级的条件下进行业务区分。在 EDCF 中，这一业务区分是用下面描述的两种优先级控制方法来实现的。

图 11

IEEE 802.11e MAC



Rap 2058-11

#### 4.4.3 回退算法

回退程序是以二进制回退算法为基础的。回退时间等于间隙时间乘以一个随机数。在回退程序中，基站生成一个随机数，其范围为从 0 到  $CW$ ，均匀分布。每次基站重发帧时， $CW$  的值依次地上升的 2 的整数幂-1，直到  $CW$  达到、 $CW_{max}$  为止。一旦  $CW$  达到  $CW_{max}$ ，在它被复位以前，一直保持在值  $CW_{max}$  上。

在 EDCF 程序中，基站对每一优先级的队列计算并保持  $CW$ ，即队列  $i$ :  $0 \sim CW_i$ ，队列  $j$ :  $0 \sim CW_j$ 。若队列  $i$  的优先级高于队列  $j$ ，将  $CW_i$  设置成小于  $CW_j$ 。使用这一程序，实现业务区分。

#### 4.4.4 仲裁帧之间的间隔 (AIFS)

在传统的 CSMA/CA 程序中，若在大于 DIFS 的时间内，没有检测出载波，就认为该信道是空闲的。如图 12 所示，EDCF 程序使用 AIFS 代替 DIFS。若队列  $i$  的优先级高于队列  $j$ ，则  $AIFS[i]$  比  $AIFS[j]$  短。使用这一程序，实现某些 TC 的优先级控制。

#### 4.5 CoS 业务等级的例子 (IEEE 802.1D 附件 H2)

在基于以太网的系统中，在 IEEE 802.1D 附件 H2 中考虑了 8 个业务质量等级并将每一业务质量映射到一个用户的优先级上。有关用户优先级的信息保持在 MAC 帧的被扩充的信头域中。在这一方案中，分优先级的 CoS 和参数化的 CoS 都支持。如表 3 中所列出的那样，用户优先级 4、5 和 6 是参数化的 CoS，而其它优先级是分优先级的 CoS。

图 12

## 使用 AIFS 的优先级控制机制

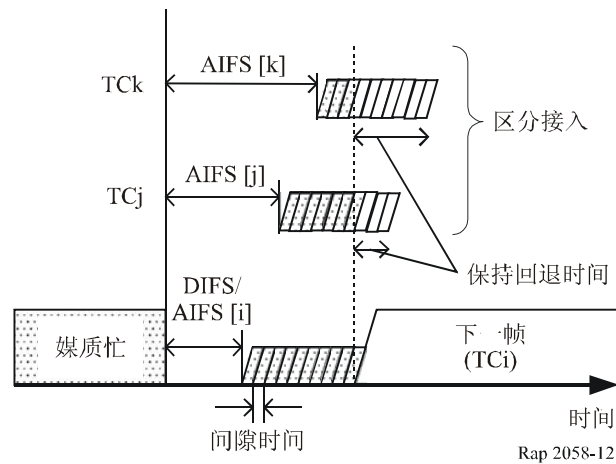


表 3

## IEEE 802 LAN 中的用户优先级和业务种类

用户优先级	业务类型	描述
1	背景 (BK)	允许在网络上成批传送和其它活动，但是其它用户和应用不得影响网络的使用
2	备用	
0 (缺省)	尽力而为 (BE)	LAN 业务，我们现在知道的情况
3	卓越努力 (EE)	信息服务机构会发给它的最重要客户的尽力而为型业务
4	受控负荷 (CL)	须经某种形式的“准入控制”的重要商务应用是当数据流在另一个极限保留带宽开始时，预先计划好的在每个流的另一极限保留带宽上的网络要求
5	电视 (VI)	时延小于 100 ms
6	声音 (VO)	时延小于 10 ms，所以，抖动最大（单向传输）
7	网络控制 (NC)	为了维护和支持网络基础设施

在市场上有许多产品使用优先级排队机制，例如加权公平排队 (WFQ) 和加权循环 (WRR) 机制支持这一机制。

IEEE 802.1D 附件 H2 指的是根据器件具有的队列数目，在业务类型和业务等级之间的进行映射机制。表 4 表示了在那一标准中的映射方案。

表 4  
业务类型到业务等级的映射

队 列 数	业 务 类 型
1	{BK, BE, EE, CL, VI, VO, NC}
2	{BK, BE, EE}, {CL, VI, VO, NC}
3	{BK, BE, EE}, {CL, VI}, {VO, NC}
4	{BK}, {BE, EE}, {CL, VI}, {VO, NC}
5	{BK}, {BE, EE}, {CL}, {VI}, {VO, NC}
6	{BK}, {BE}, {EE}, {CL}, {VI}, {VO, NC}
7	{BK}, {BE}, {EE}, {CL}, {VI}, {VO}, {NC}

## 5 FWA 系统使用集中控制方案的机制

### 5.1 引言

现在, QoS 已经是 IP 网中支持多媒体业务的一个关键技术。有了 QoS 控制, 系统能够根据用户的要求提供各种不同水平的通信质量。为了达到 QoS, 系统需要许多复杂的机制, 例如带宽保留/分配、准入控制和带宽代理。

为达到 QoS, 集中式系统是合适的。在基站中, 它有安排带宽指配的功能。

根据各种应用, 例如电话、电子邮件、电视等指配带宽。因为它们的带宽和时延要求是不同的, 所以, 基站准备了三个 QoS 等级。§5.2 提供了无线系统中的 QoS 等级的规范的一个例子。而§5.3 说明了基站中带宽指配的调度功能。

### 5.2 无线系统中 QoS 等级的例子

表 5 提供了在无线系统中, 使用集中式控制方案的一个 QoS 等级的例子。

表 5  
使用集中式控制方案的无线系统的 QoS 等级的例子

QoS 等级	CBR/GBR/UBR	ARQ	业务实例
1	GBR 或 UBR	有	电子邮件, FTP
2	CBR	有	图像
3	CBR	无	电话、实时图像

等级 1 提供了保证比特率 (GBR) 业务或未规定的比特率 (UBR) 业务, 它保证给一用户站指配的保持尽力而为型通信业务所需要的最小带宽。尽管从许多用户来的业务可能组合在一起, 这个等级仍保证可以得到规定的最小带宽。

第 2 和 3 级按照用户申报提供 CBR 业务。它们适合于接收实时图像业务。第 3 级在努力减少数据传送时延的过程中，不使用 ARQ。

### 5.3 关于不同业务的有效带宽的计算

因为不同的业务有不同的特性，相应地有不同的带宽要求，所以，系统应该可以区分不同的业务等级和应该决定为每一种业务指配带宽的方法。下面详尽地说明了达到这一要求的方法。首先，应该根据业务的属性、例如时延要求或优先级要求，将业务分成几种类型。其次，对每一种业务，要使用一个相应的公式计算它的有效带宽，即该业务的 QoS 要求。最后，系统要给每一种业务指配所计算出的带宽。用这一方法，在集中式 FWA 系统中，能够达到业务的 QoS 要求。

包数据业务的一个典型特性是突发性，并且为了表征由包数据业务利用的资源总量，这里规定了有效带宽。此外，还有必要规定平均带宽和最大带宽。当正在传送某种业务的数据时，系统应该动态地调节用于传输的带宽，然后，用得到的如时延、BER 等这样的参数估计传输质量。用户的主观评判也应该是得到平均带宽的依据之一。若所接收到的数据刚好可以接受，此时所需要的带宽等于平均带宽。若继续增加带宽不可能显著地改善性能，则相应的带宽是最大带宽。

包数据的突发性可能导致在临时性的过载期间可能丢失数据。所以，为了达到最好的性能，基站应该尽可能保留更多的资源。另一方面，运营商应该希望有效的使用可用的资源和应该避免给一个用户分配过多的带宽。为了更有效地利用资源，在以后的内容中，已经提出了一种计算有效带宽的方法并举例说明了四种业务。

#### 会话型业务

这一等级的业务的基本质量要求是低时延、低抖动（时延变化）、比较好的清晰度和没有回声。在多媒体应用情况下，还必须保持不同媒质流的相对定时。

作为一种 CBR 业务，它的最大吞吐量与平均吞吐量相同，并且应该按照下面的公式计算它的相对带宽。

$$Bandwidth_{effective} = Th_{average} + \phi*(TH_{max} - TH_{average}) \quad (1)$$

其中：

$Bandwidth_{effective}$ : 业务的有效带宽

$Th_{average}$ : 业务的平均带宽

$TH_{max}$ : 业务的最大带宽

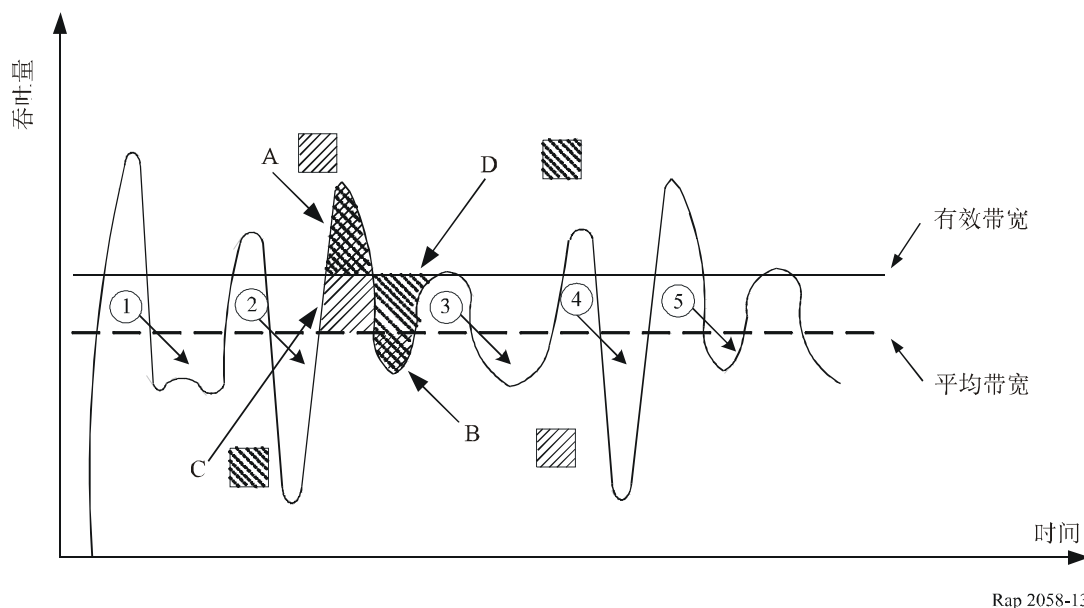
$\phi$  的范围为从 0 到 1，它与业务的时延要求有关和由运营商决定。允许时延越低（一个被忽略的值）或业务突发越频繁，应该判定  $\phi$  越大，这意味着需要更多的保留资源和能够得到更高的 QoS 可靠性。换句话说，以牺牲在同一时间上准入的用户数为代价来达到高的可靠性。当然，若所需要的平均吞吐量等于最大吞吐量，在会话型业务中，不再使用  $\phi$ ，而且公式（1）可以被简化成公式（2）：



$$Bandwidth_{effective} = Th_{average} = TH_{max} \quad (2)$$

下面进一步讨论如何选取正确的 $\phi$ 值。正如图 13 中所表示的那样，包数据业务的特征是突发性和随机性。若将平均吞吐量按照有效带宽来设置，即使瞬时速率高于有效带宽时，也能够足够短的时间段内发送大部分数据。但是峰 1 和峰 5 可能不能准时发送并且会出现拥塞或者将被抛弃，这会严重影响系统性能。所以，在这种情况下，对于那些有频繁的突发性或高优先级的业务，应该选择有效带宽比平均带宽更大。

图 13  
有效带宽和平均带宽



### 流业务

流业务类由向一个观众或听众发送信息但没有任何人应答的实时业务组成。这种业务的例子包括点播电视、新闻流和多播。

由于缺乏互动，对低时延不再有严格的要求，但是仍然有对低抖动和保持媒质同步的要求。与话音业务不同，流业务不是 CBR 业务，它的最大吞吐量值通常大于它的平均吞吐量。应该按下面的公式计算流业务的有效带宽：

$$Bandwidth_{effective} = Th_{average} + \phi * (TH_{max} - TH_{average}) \quad (3)$$

在公式 (3) 中各参数的定义与公式 (1) 中相同。这类业务的速率改变不会这么大，以至于 $\phi$ 可以根据优先级来决定。

对不同的 $\phi$ ，可以将公式（3）简化成如下形式：

$$Bandwidth_{effective} = Th_{average} \quad \text{对于 } \phi = 0 \quad (4)$$

$$Th_{average} < Bandwidth_{effective} < TH_{max} \quad \text{对于 } 0 < \phi < 1 \quad (5)$$

$$Bandwidth_{effective} = TH_{max} \quad \text{对于 } \phi = 1 \quad (6)$$

### 互动业务

这类业务包括许多种类的业务，例如某些游戏、供统计用的网管系统轮询和人们主动地上网浏览或搜索数据库，在吞吐量和时延的要求方面，这些业务彼此之间可能差异很大。对时延的要求是对人类的活动的反应相当快捷，但是不会像会话类业务那样低的时延。

因而，对所有各种互动业务保留统一的带宽将会造成无线频谱资源利用率低。所以，当计算有效带宽时，应该还要考虑更多的因素，例如优先级、可靠性的等级、突发性等。然后，可以用下面的方程式估计互动业务的有效带宽：

$$Bandwidth_{effective} = \theta_1 * \theta_2 * Th_{average} + \theta_1 * \theta_2 * \phi * (TH_{max} - TH_{average}) \quad (7)$$

式中 $\theta_1$ 的范围是0到1，它是与优先级有关的参数，而 $\theta_2$ 的范围是0到1，它是与可靠性的等级有关的参数。而且，上面两个参数的值应该由运营商决定。

### 背景业务

背景业务包括被动接收数据或者主动请求的但不需要任何即时处理数据的所有应用。这种业务的例子包括电子邮件和文件传送。

背景业务对时延是不敏感的，所以，可以根据 FWA 系统的资源条件设置几个平均吞吐量或有效带宽  $R_i$  的等级，然后根据业务的优先等级选择某些业务的有效带宽。

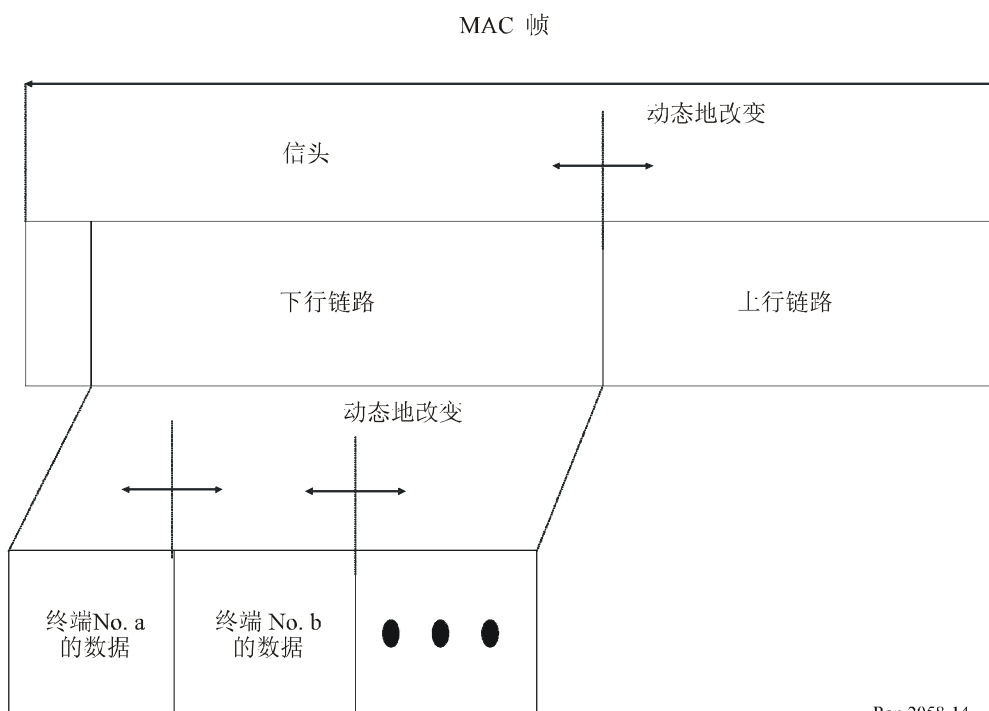
$$BW_{effective} = \begin{cases} R_1 & (\text{优先级 1}) \\ R_2 & (\text{优先级 2}) \\ R_3 & (\text{优先级 3}) \end{cases} \quad (8)$$

## 5.4 基站中的频带指配的调度功能

### 5.4.1 动态时隙指配 (DSA)

使用集中式控制方案的基站给它本身和用户站之间的每一连接指配规定的带宽。实际上，基站动态地指配 MAC 帧的 TDMA 时隙，以使得系统能够自适应地处理上下行链路之间的不对称数据或者突发性业务的数据。这一接入方法称为 DSA。图 14 表示出 TDMA-TDD/DSA 系统的 MAC 帧的配置模型。根据业务条件动态地改变下行链路数据与上行链路数据的信道指配比例和单个终端的数据。

图 14  
TDMA-TDD/DSA 系统的 MAC 帧的配置模型

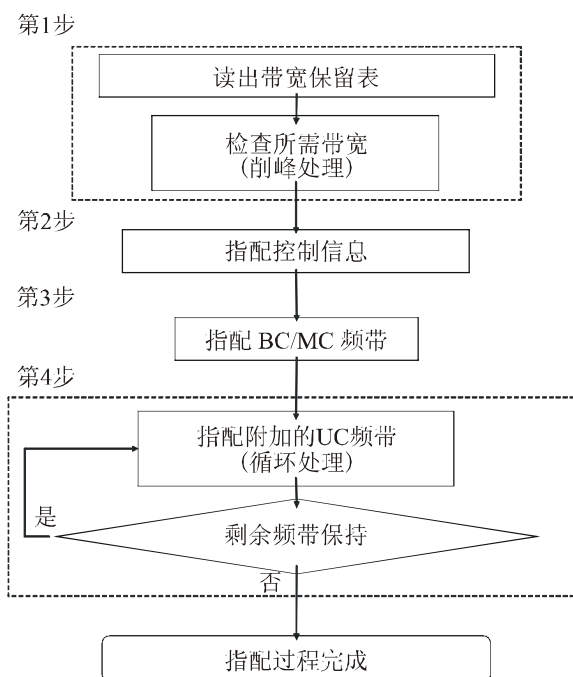


Rap 2058-14

### 5.4.2 由调度器进行带宽指配控制

基站中的调度器根据图 15 中所显示的步骤为用户站之间的单次连接指配带宽。

图 15  
由调度器的信息数据进行带宽指配控制



Rap 2058-15

### 第 1 步：保留带宽的指配

基站中的调度器需要根据每一个单独的连接所需要的带宽和 QoS 等级，输入频带保留表上的保留带宽信息。在带宽保留表上，也管理每一帧中的总保留带宽。调度器根据从单个用户终端来的保留带宽信息给每一帧指配数据信道的数目。

### 第 2 步：控制的指配

应该按要求尽快地发出保持无线连接所需要的控制信息。为了保证这样的控制信息的传输，基站中的调度器为了稳定地发送控制信息，设置每一帧能够保留的带宽的上限。

### 第 3 步：广播 (BC) 和多播 (MC) 带宽的指配

若在第 1 步和第 2 步以后，仍然有富余的带宽，就执行 BC 和 MC 带宽指配。当配置 MC 连接时，调度器根据每一 MC 连接所需要的带宽，计算可以被指配的数据信道的最大数量，并且它再在上限之内指配带宽。若要发送的数据信道的数量超过了上限，则调度器在一给定的时间段内暂停带宽指配。用这个方法，调度器能够保证 BC 或 MC 不独占带宽。

### 第 4 步：指配每一连接的附加带宽

若在第 1 到第 3 步以后，每一帧中仍然有富余的带宽，调度器以循环的方式指配附加的带宽。这一指配与 QoS 的等级无关并且，带宽平等地指配给所有连接。这里，调度器设置对附加带宽可以给出的数据信道数量的上限。将暂停指配超过门限的数据，直到下一次循环指配为止。这避免了任何一个移动终端独占带宽。

## 6 用分布式控制方案和用集中式控制方案的 FWA 系统的 QoS 特性的比较

两种系统的比较如表 6 所示。

表 6

用分布式控制方案和用集中式控制方案的 FWA 系统的 QoS 特性的比较

	分布式控制系统	集中式控制系统
QoS 的类型	尽力而为	保证/尽力而为
特征	与以太网类似	1) 最小带宽保证 2) 自适应带宽分配
系统实例	IEEE 802.11	ETSI-BRAN HIPERACCESS ETSI-BRAN HiperLAN ETSI-BRAN HIPERMAN MMAC-HSWA HiSWAN IEEE 802.16-2004

## 附件 2

## 基于 CSMA/CA 的 FWA 的平均接入协议时延和时延变化的典型计算

## 1 引言

在本附件中，提供了估计使用单纯的 CSMA/CA 技术（不使用增强的接入控制，例如用于 QoS 支持的基于 HCF（混合协调功能）争用的信道接入）的 RLAN 的接入协议时延的理论方法。还描述了在短包流状态下和长包流状态下的计算结果实例。

## 2 近似

由下式求出每个站的吞吐量 ( $S_m$ ) 和接入协议时延 ( $\overline{T}_m$ ):

$$S_m = \frac{L_{ip} \times 8}{\overline{T}_m + SIFS + T_a} \quad (9)$$

$$\overline{T}_m = \sum_{n=0}^{\infty} (1-p_m) p_m^n (A+nB) = A + B \frac{p_m}{1-p_m} \quad (10)$$

其中:

- $m$ : 尝试发送包的站的数量
- $L_{ip}$ : IP 包的长度 (字节)
- $T_d$ : 数据帧长度
- $T_a$ : Ack 帧长度。

为了导出上面的近似公式 (9) 和 (10)，作了如下假设:

- 在信道忙的情况下，在相同的争用窗口  $CW_{min}$  内，产生任何一个随机数并重新启动回退定时器。
- 在所发送的包与来自其它站的其它包发生碰撞的情况下，在相同的争用窗口 ( $CW_{min}$ ) 内，给回退定时器产生和设置任何一个随机数。即，不考虑 BEB。

下面的§3 和§4 描述有关 CSMA/CA (54 M、24 M 和 6 M 模式) 和 CSMA/CA (11 M, 长前缀) 的接入协议时延计算结果的例子。

## 3 在短包流状态中包时延计算的例子

假设多个 SS 同时试图发送像 VoIP 那样的短长度包，计算包的传输时延。表 7 列出了所使用的参数值。

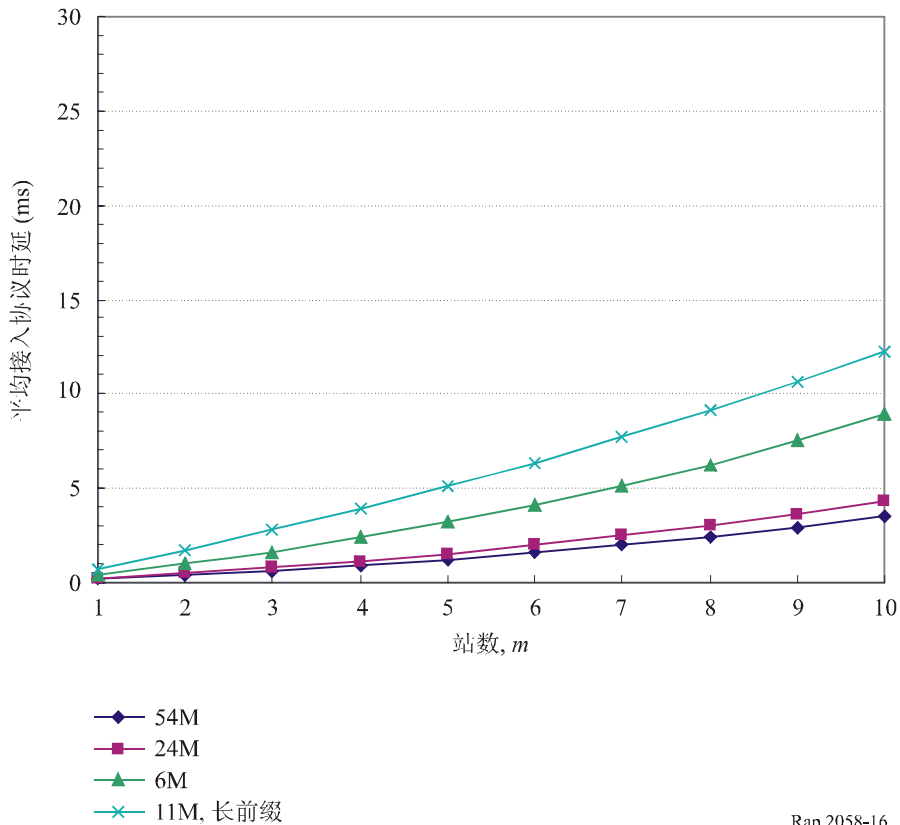
图 16 表示要预测的平均接入协议时延 ( $\overline{T}_m$ )。  $\overline{T}_m$  取决于传输的模式和同时试图发送包的站的数量  $m$ 。这里，要注意的问题是图 16 中的结果没有考虑发生碰撞时的 BEB。由于这一原因，实际的  $\overline{T}_m$  值将比计算出的值更差，特别是当  $m$  变大和碰撞增加时。

表 7  
所使用的参数值

	CSMA/CA (54M, 24M, 6M 模式)	CSMA/CA (11M 模式, 长前缀)
SIFS ( $\mu\text{s}$ )	16	10
DIFS ( $\mu\text{s}$ )	34	50
间隙时间 ( $\mu\text{s}$ )	9	20
CWmin	15	31
包长 (字节)	200	200
Td ( $\mu\text{s}$ )	56 (54M) 100 (24M) 340 (6M)	364
Ta ( $\mu\text{s}$ )	24 (54M) 28 (24M) 44 (6M)	202
传播差错	无	无

图 16

在短包流情况下，CSMA/CA (54M、24M 和 6M 模式) 和 CSMA/CA (11M、长前缀) 的平均接入协议时延与站数的关系



#### 4 在长包流状态中包时延计算的例子

在每一站试图发送相同长度的包的情况下，给出了公式（9）和（10）。这里，要注意的关键问题是在多个其它站试图同时发送长包的情况下，像 VoIP 那样的短包遭受到的接入协议时延。在  $m-1$  站试图发送同样长度的长包和同时有一个站试图发送短包的情况下，为了计算时延，公式（10）应该作修正。经修正的公式（10）如下所示：

$$\overline{T_{m(S)}} = \sum_{n=0}^{\infty} (1-p_m) p_m^n (A_{(S)} + nB_{(L)}) = A_{(S)} + B_{(L)} \frac{p_m}{1-p_m} \quad (11)$$

其中：

$\overline{T_{m(S)}}$ ：传输短包时的平均接入协议时延；

$$A_{(S)} = DIFS + CW_{\min} \times SlotTime / 2 + T_{d(S)}$$

$$B_{(L)} = T_{d(L)} + SIFS + T_a + DIFS + CW_{\min} \times SlotTime / 2$$

$m$ ：试图发送包的站的数量（= $m_{(L)} + m_{(S)}$ ）；

$m_{(L)}$ ：试图发送长包的站的数量；

$m_{(S)}$ ：试图发送短包的站的数量（=1）。

表 8 列出了公式（11）所用的参数值。该表中没有列出的值是与表 7 中的值相同的。

表 8  
所用的参数值

	CSMA/CA (54M, 24M, 6M 模式)	CSMA/CA (11M 模式, 长前缀)
短包长度 (字节)	200	200
长包长度 (字节)	1 500	1 500
Td (L) (μs)	248 (54M) 536 (24M) 2 072 (6M)	1 309
Td (S) (μs)	56 (54M) 100 (24M) 340 (6M)	364

图 17 表示对短包传输预测的平均接入协议时延 ( $\overline{T_{m(S)}}$ )。  $\overline{T_{m(S)}}$  取决于传输的模式和同时试图发送包的站的数量 ( $m = m_{(S)} + m_{(L)}$ ；这里  $m_{(S)} = 1$ )。

若与图 16 相比较，可以看出，图 17 中的接入协议时延变得更长，这是由于其它包占用信道的时间更长。

图 18 和 19 分别表示了当  $m = 3, 5$  和  $8$  时, 有关 CSMA/CA (54M 模式) 和 CSMA/CA (11M 模式、长前) 缀两种情况的接入协议时延的累计时间百分数。接入协议时延的  $1 \times 10^{-3}$  分位数  $T_{m(S),1e-3}$  可以由下式进行计算:

$$T_{m(S),1e-3} \approx A_{(S)} - B_{(L)} \left( \frac{3}{\log p_m} + 1 \right) \quad (12)$$

表 9 列出了计算出的数值。

表 9  
接入协议时延的  $1 \times 10^{-3}$  分位数

特 征	CSMA/CA (11M 模式, 长前缀)	CSMA/CA (54M 模式)	
$m_{(L)} = 2, m_{(S)} = 1$	33.5 ms	7.5 ms	$m = 3$
$m_{(L)} = 4, m_{(S)} = 1$	65.9 ms	15.8 ms	$m = 5$
$m_{(L)} = 7, m_{(S)} = 1$	122.1 ms	32.2 ms	$m = 8$

图 17

在长包流情况下, CSMA/CA (54M、24M 和 6M 模式) 和 CSMA/CA (11M、长前缀) 的平均接入协议时延与站的数量关系

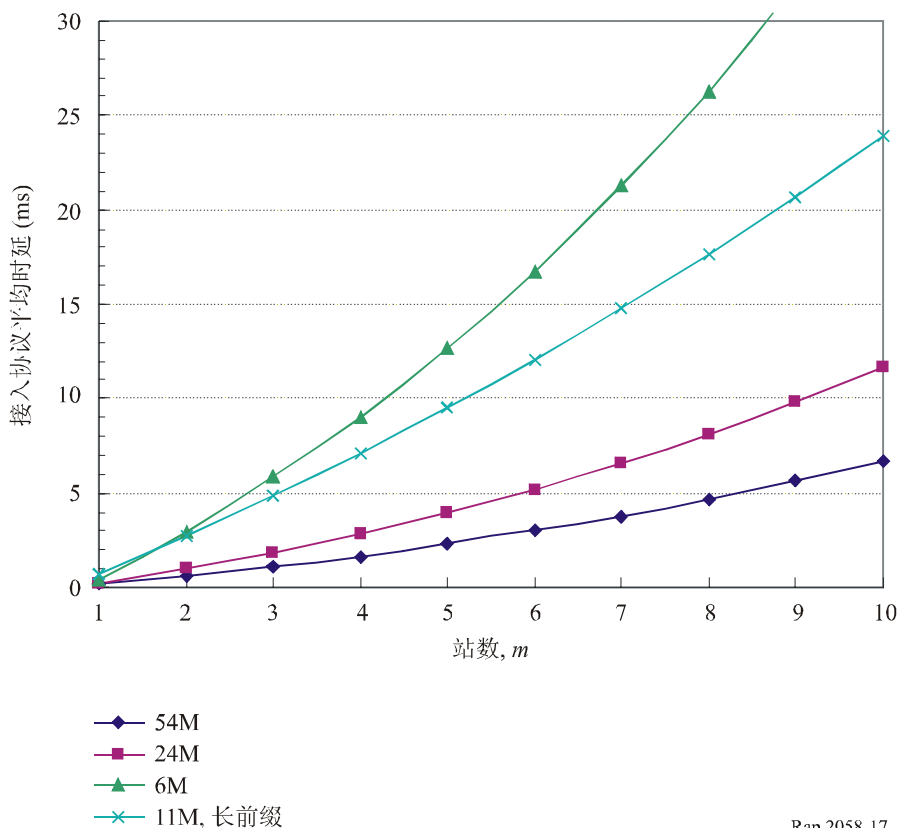




图 18

接入协议时延 (CSMA/CA, 54M 模式) 的累计时间百分数

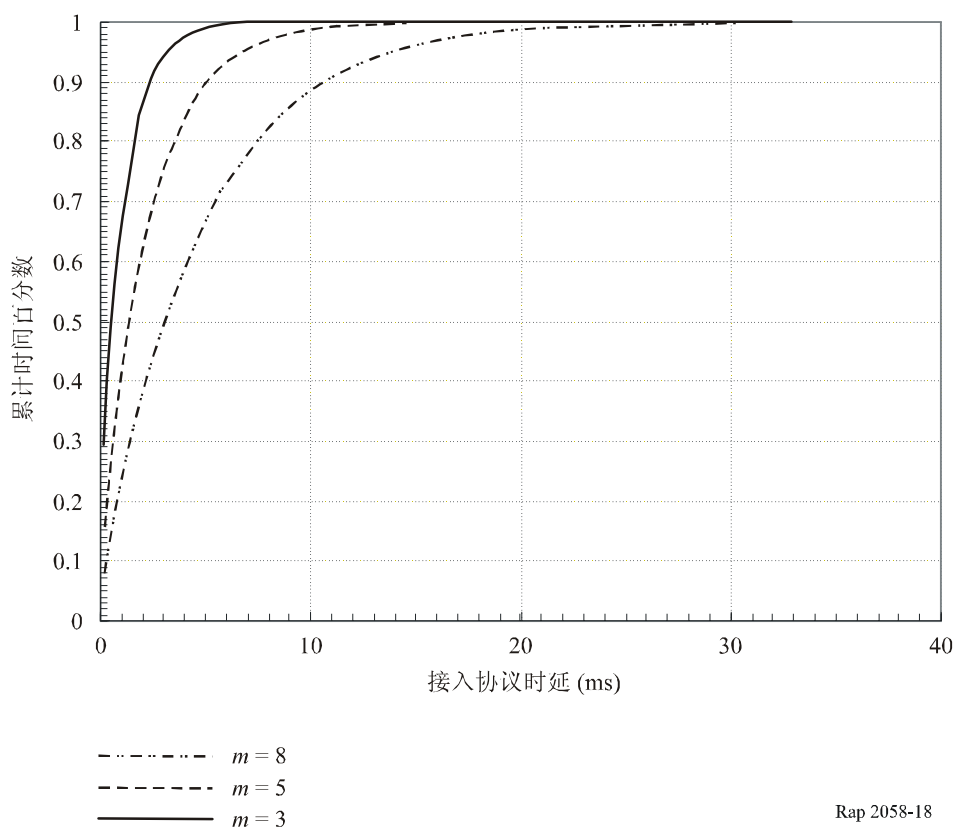
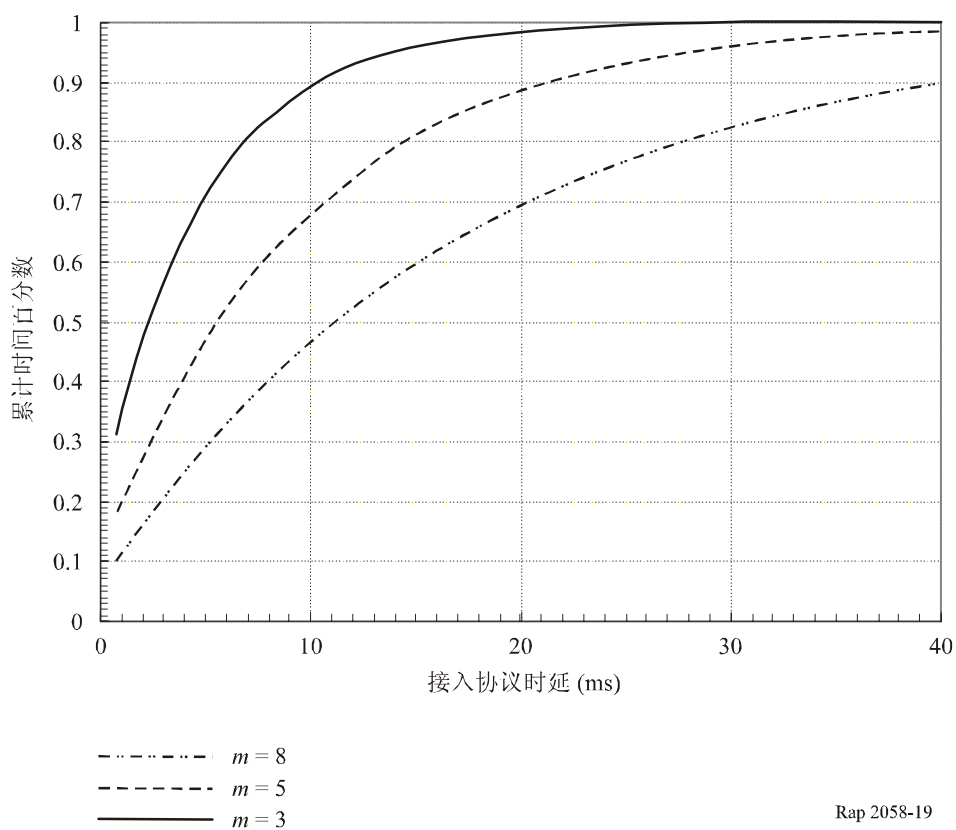


图 19

接入协议时延 (CSMA/CA, 11M, 长前缀) 的累计时间百分数



## 附件 3

## 对基于 TDMA 的 FWA，在多个 VoIP 流状态中附加等待时间的典型计算

本附件参照 IEEE 802.16-2004 标准，提供了在多个 VoIP 流状态中可能的附加等待时间的估计方法。

## 1 上行链路调度业务

在§1 中，为了改善查询/赠予过程的效率，设计了调度业务。通过规定调度业务和与它相关的 QoS 参数的方法，BS 能够预测上行链路业务的吞吐量和等待时间的需求，并在适当的时间上提供查询和/或赠予。

基本业务是主动提供的赠予业务（UGS）、实时轮询业务（rtPS）、非实时轮询业务（nrtPS）和 BE 业务。使每一种业务适合于一种特殊型式的数据流的要求。UGS 是为了支持定期产生固定长度数据包的实时业务流而设计的，例如 T1/E1 和没有静默抑制的 VoIP。rtPS 是为了支持定期产生可变长度数据包的实时业务流而设计的，例如 MPEG 电视。nrtPS 是为了支持在有规律的基础上需要可变长度数据赠予突发类型的非实时业务流而设计的，例如高带宽的 FTP。BE 业务的目的是对 BE 业务提供有效的服务。

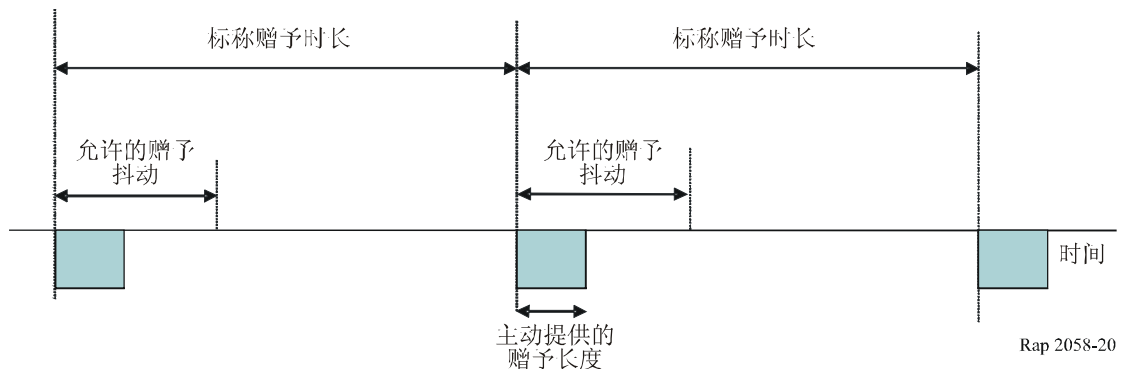
## 2 主动提供的赠予业务（UGS）

我们把 UGS 看作是 VoIP 包传输的一种调度业务。这一业务在实时定期的基础上提供固定长度的赠予，它消除了用户站（SS）请求的开销和等待时间，并且保证赠予量可以用来满足流的实时需要。BS 应该定期给业务流提供固定长度数据赠予突发类型。

UGS 应该使用下列参数加以规范：主动提供的赠予长度、标称的赠予时长、允许的赠予抖动和请求/传输的政策。图 20 说明了这样的参数的概念。实际抖动可以保持在呼叫建立程序中所协商好的允许赠予抖动范围以内。

图 20

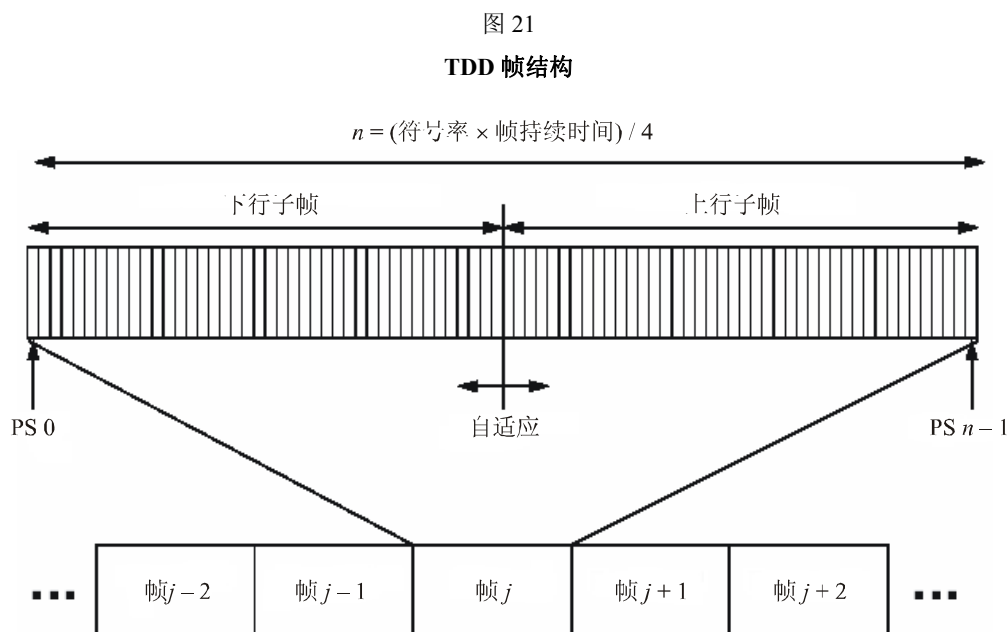
UGS 业务流的关键参数



Rap 2058-20

### 3 帧结构

在以下的研究中，我们把 TDD 看作一种双工的方案。图 21 表示了 TDD 情况下的帧结构。该帧有固定的持续时间和包含一个下行链路子帧和一个上行链路子帧。帧的时长一般为 1 ms。帧被分成整数个物理时隙 (PS)，这有助于很容易地分割带宽。在 PHY 层中，一个 PS 由 4 个符号组成。TDD 的成帧是自适应的，其中，分配给下行链路和上行链路的带宽之间的比例能够改变。在上行链路和下行链路之间的带宽分割是一个系统参数，它在系统内部的更高层上受控制。每一物理信道的长度是以微时隙为单位的。一个微时隙包含  $i$  个 PS，这里  $i = 2^k$ ，而  $k$  是整数，其范围从 0 到 7。



Rap 2058-21

### 4 用于计算的假设

在多个 VoIP 流状态下，由于信道被前面的其它 VoIP 流所占用，要发送的新生成的 VoIP 流的包可能要等待。我们计算在这种情况下附加等待时间的一个例子。表 10 列出了假设的参数值。

根据下面的假设进行计算。

- 所有的 VoIP 编码器都遵循 ITU-T G.711 建议书 (64 kbit/s 编码)。考虑了 TCP/IP 信头、以太信头等以后，MAC PDU 的长度总共为 234 字节。假设外层里德 — 所罗门编码和内层 BCC 编码，突发的长度变为 381 个字节。假设用 QPSK 调制方式，在映射和加入前缀以后，符号的长度总共 1 540 个字节。
- 假设采用 QPSK 调制和信道带宽 25 MHz。建议帧的持续期为 1 ms。所以，在帧的持续期内包含 2 0000 个符号。
- 上行链路和下行链路的 VoIP 业务的负荷基本上是相同的，但是我们假设 BS 要同时处理 rtPS, nrtPS 和 BE 以及 VoIP 业务，其中某些业务有不对称业务负荷的特性，下行链路的负荷大于上行链路，例如 MPEG 流就是这样。所以，我们假设上行链路/下行链路的子帧长度之比约为 1 : 3。所以，假设为上行链路子帧所支配的符号数约为 5 000。

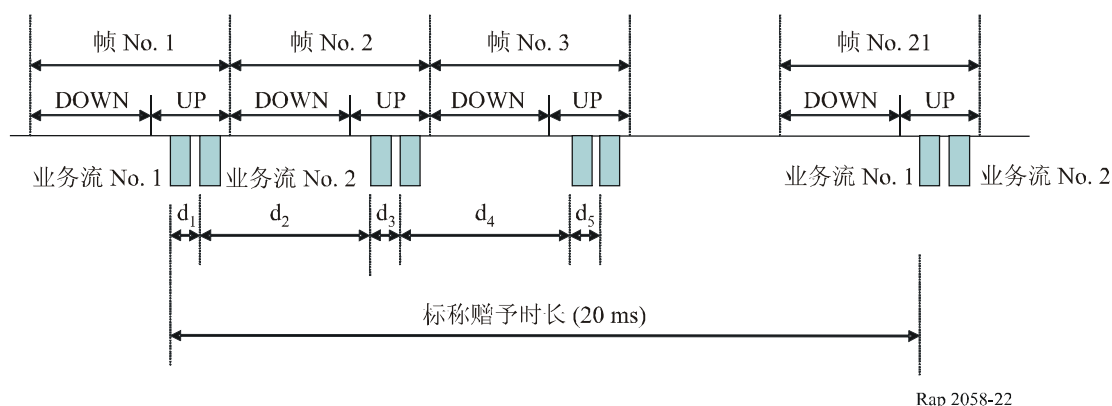
- 考虑了对上行链路的其它种类的实时业务和非实时业务的指配以后，给上行链路所指配的 VoIP 突发数量的最大值约为 2。不考虑 VoIP 包的片断。

表 10  
假设的参数值

		注
MAC PDU 长度	234 字节	
— VoIP 净荷	160 字节	符合 G.711
— TCP/IP 信头	40 字节	
— 以太信头	24 字节	
— FCS	2 字节	
— PHSI	2 字节	
— MAC 信头	6 字节	
调制	QPSK	
FEC 编码类型	里特所罗门和 BCC	
外层编码类型	2 型	
外层码字总长度 (K+R)	254 字节	
内层 BCC 编码类型	(24,16)	
前缀长度	16 个符号	
滚降系数	0.25	
信道宽度	25 MHz	
符号率	20 Mbaud	
比特率	40 Mbit/s	
帧持续期	1 ms	
1 帧内的符号数	20 000	
1 帧内的微时隙数	5 000	微时隙长度等于 PS 长度 (4 个符号)

- VoIP 包在 20 ms 的时间段内生成。为了抑制 VoIP 包之间的抖动，使用在上行子帧中的各 20 ms 时段上的相同时隙位置发送一个 VoIP 流的突发。
- 根据上面的假设，如图 22 所示，在 20 ms 时间段上，能够最多给 VoIP 流指配 40 个赠予量。使用那些赠予中的一个赠予，发送每一 VoIP 流的上行链路突发。
- 在前面不存在 VoIP 流的情况下，将使用时间轴上的最近的赠予，在  $t_0$  时发送新生成的 VoIP 流的上行链路突发。另一方面，在早已存在一个或多个 VoIP 流和为现有的 VoIP 流保留赠予的情况下，新生成的 VoIP 流的上行链路突发也许无法使用最近的赠予，并且 BS 调度器将寻找未保留的赠予并将它给 SS 使用。SS 从下行子帧中的 UL\_MAP 中获得信息，并且在时间  $t_1$  上发送突发。即可能偶然出现附加等待时间 ( $t_1-t_0$ )。下面计算这种等待时间。

图 22  
VoIP 赠予



- 现在，我们假设，有  $(m-1)$  VoIP 流正在使用。第  $m$  个新的 VoIP 流中产生的平均附加等待时间  $\overline{D_m}$  可以按照下式来近似：

$$\overline{D_m} \approx (N - m + 1) \cdot \frac{(m-1)!}{N!} \cdot \sum_{j=1}^{m-1} \left\{ \sum_{i=1}^j d_i \cdot \frac{(N-j-1)!}{(m-j-1)!} \right\} \quad (13)$$

$$1 \leq j \leq m-1$$

其中：

$N$ ：在 20 ms 的时间周期内，可能存在的 VoIP 赠予的最大数量 (=40)

$d_i$ ：在第  $(i-1)$  和第  $i$  个赠予之间的时间差。

此外，为了计算简单，假设

$$d_{odd} = 0.08 \text{ ms}, d_{even} = 0.92 \text{ ms}。$$

## 5 典型计算结果

图 23 表示了由公式 (13) 近似计算出的  $\overline{D_m}$  的结果。在同一图上还表示了仿真的结果。随着现有的 VoIP 流的数量的变化，等待时间也会变化。图 24 表示了用公式 (13) 计算出的等待时间的累计百分数。可能偶尔会出现等待 20 ms 的情况。

在某些假设下，在多个 VoIP 流的状态下，估计预期可能出现的 VoIP 附加等待时间。对 TDMA 而言，为了改善时延性能，调度算法是一个关键的因素，但是它超出了 IEEE 802.16-2004 标准的范围。除了这样的算法外，有几个因素，像帧结构、业务负荷和容量等因素可能成为 IPTD 劣化的原因。

图 23

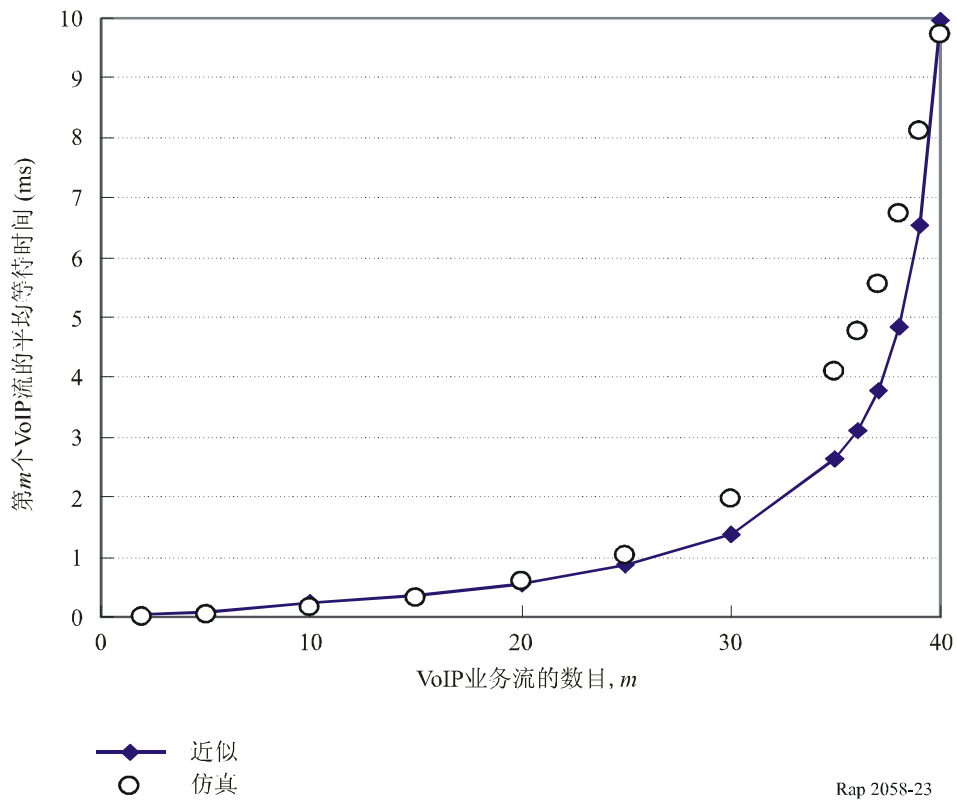
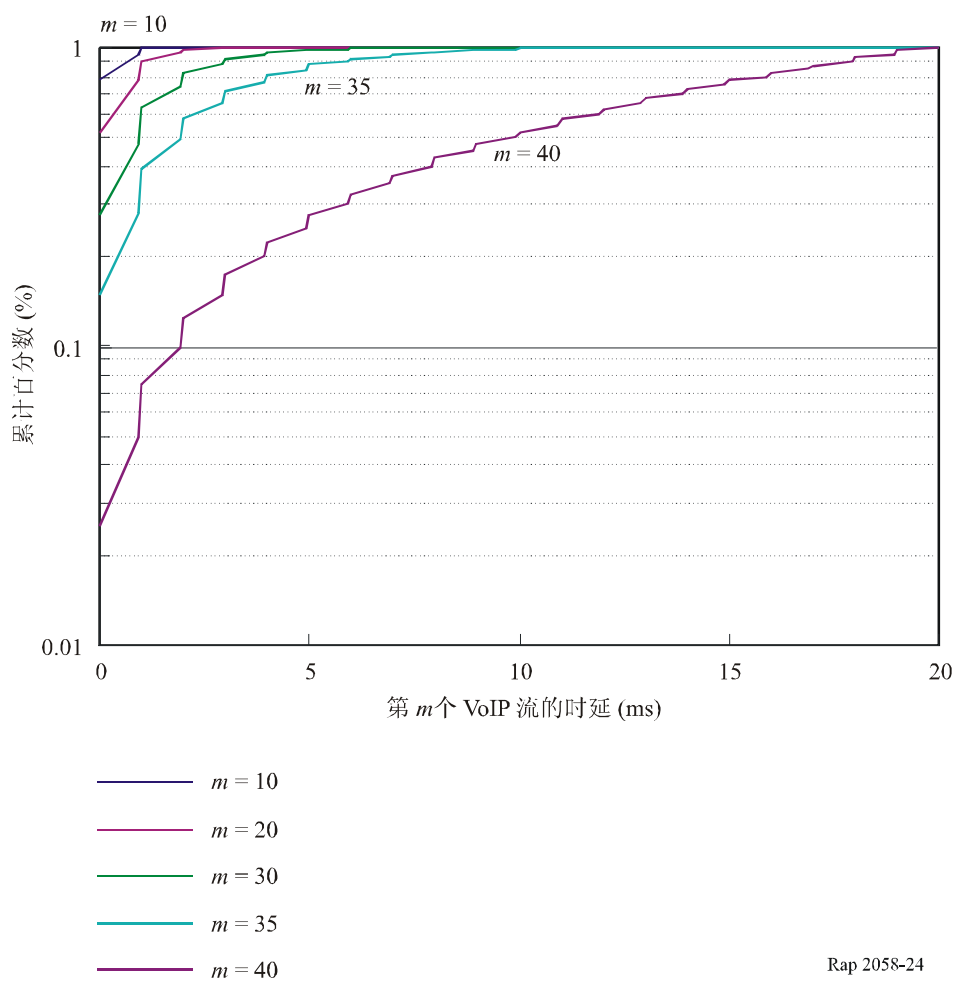
第  $m$  个 VoIP 流经受的平均附加等待时间的例子

图 24

第  $m$  个 VoIP 流经受的附加等待时间的累计百分数的例子

## 附件 4

### QoS 等级 0 的网络时延的典型计算

本附件提供了根据 ITU-T Y.1541 建议书附录 III 中所描述的方法，有关支持 QoS 等级 0 的流的任何一个通道部分的 IPTD 的典型计算。

#### 1 在包含 FWA 系统的接入网中的时延计算

在这一节中，描述了包含 FWA 系统的接入网中的时延计算的概念。图 25 表示了包含 FWA 系统的接入网结构。在接入网中的 IPTD 和 IPDV，即  $D(AN)$  和  $DV(AN)$  用下面的公式进行计算。

$$\begin{aligned}
 D(AN) &= D(FWA) + D(BH) \\
 &= D(s) + D(air) + D(b) + D(BH) \\
 DV(AN) &\leq DV(FWA) + DV(BH) \\
 &= DV(s) + DV(air) + DV(b) + DV(BH)
 \end{aligned}$$

正如图 25 中所表示的那样，在基站和接入网关之间的链路定义为回程链路。回程链路是接入网的一部分，它由光纤、同轴电缆、铜缆或另一无线系统，例如 P-P 或 P-MP 固定无线系统所组成。一般，应该将回程链路的容量设计得有足以传送来往 FWA 系统业务量的容量。所以，在回程链路中产生的 IPTD 和 IPDV，即  $D(BH)$  和  $DV(BH)$  一般相当小。结果，上面的公式被修改成如下形式：

$$D(AN) \approx D(FWA)$$

$$= D(s) + D(\text{空中}) + D(b)$$

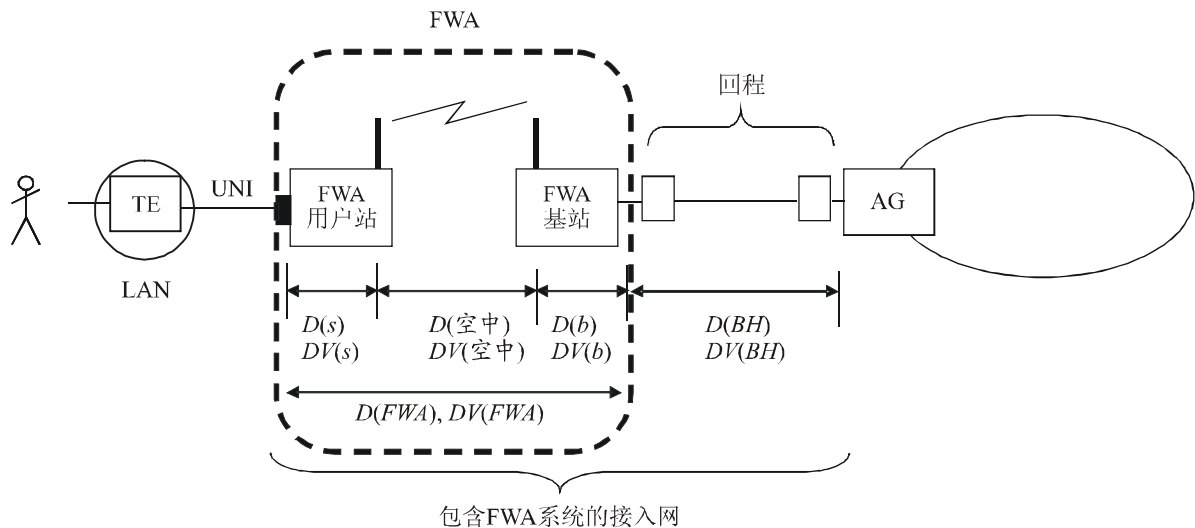
$$DV(AN) \leq DV(FWA)$$

$$= DV(s) + DV(\text{空中}) + DV(b)$$

而且，若  $D(FWA)$  和  $DV(FWA)$  的主要来源是接入协议，并且能够忽略其它来源时， $D(AN)$  和  $DV(AN)$  可能大致近似为  $D(AN) \approx D(\text{空中})$  和  $DV(AN) \approx DV(\text{空中})$ 。

图 25

包含 FWA 系统的接入网的例子



TE: 终端设备  
 AG: 接入网关  
 FWA: 固定无线接入  
 UNI: 用户网络接口

$D(FWA)$ : FWA 部分的时延  
 $-D(s)$ : FWA 用户站的时延  
 $-D(\text{空中})$ : 取决于接入协议的时延  
 $-D(b)$ : FWA 基站的时延  
 $D(BH)$ : 回程链路的时延

$DV(FWA)$ : FWA 部分的时延变化  
 $-DV(s)$ : 用户站的时延变化  
 $-DV(\text{空中})$ : 取决于接入协议的时延变化  
 $-DV(b)$ : FWA 基站的时延变化  
 $DV(BH)$ : 回程链路中的时延变化



## 2 在 UNI-UNI 中 QoS 等级 0 网络的时延的典型计算

根据 ITU-T Y.1541 建议书，在 IP 网络部分中的 IPTD 的理论值是：

$$IPTD \text{ (ms)} \leq (R_{km} * 0.005) + (N_A * D_A) + (N_D * D_D) + (N_C * D_C) + (N_I * D_I)$$

$$R_{km} = 1.25 * D_{km}$$

在这一公式中：

- $D_{km}$  是限定这部分范围的两个路由器之间的空中路由距离。
- $R_{km}$  是假设的路由长度。
- $N_A$ 、 $N_D$ 、 $N_C$  和  $N_I$  分别代表 IP 接入网关、分配、核心和网际网关路由器的数量。它与 ITU-T Y.1541 建议书附录 III 的图 III.1 中网络部分例子是一致的。
- $D_A$ 、 $D_D$ 、 $D_C$  和  $D_I$  分别代表 IP 接入网关、分配、核心和网际网关路由器的数量。它与 ITU-T Y.1541 建议书附录 III 的图 III.1 中网络部分例子是一致的。

同样，可以计算最大的 IPDV。

采用图 26 中所表示的假设参考通道（HRP）作为 UNI-UNI 时延计算的一个例子。考虑如下的假设。

- 在两个接入部分中，一个部分由 FWA 和回程链路组成。
- 构成另一个接入部分的其余部分，例如两个 IP 网和非 IP 网是与 ITU-T Y.1541 建议书附录 III 的图 III.3 中所表示的 HRP 相一致的。
- 非 IP 网的容量为 T1。
- 包的最大长度为 1 500 字节和 VoIP 包的长度是 200 字节。
- 总的距离和路由长度分别为 4 070 km 和 5 087.5 km，与 ITU-T Y.1541 建议书的附录 III 的假设相符合。

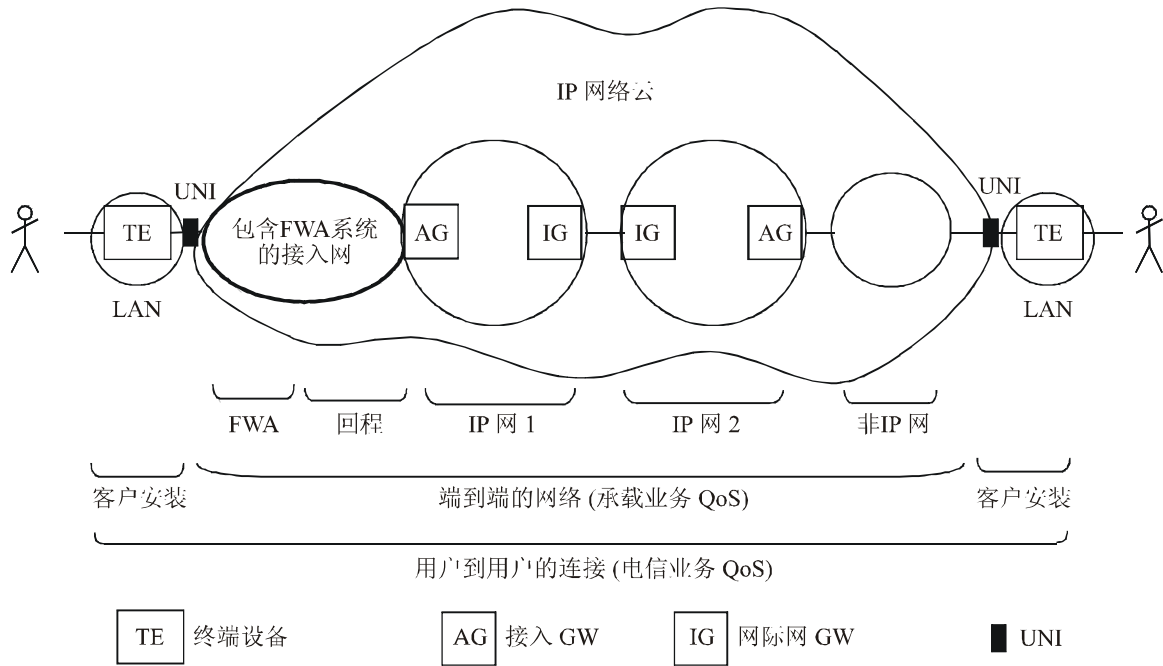
表 11 通过路由器的数量和类型、距离给出了假设参考通道（HRP）的结构以及在 UNI-UNI 中的所有的 HRP 组成部分对 IPTD 和 IPDV 的贡献。除了包含 FWA 系统的接入部分有关的值以外，在 IP 网 1、IP 网 2 和非 IP 中所包含的每一部件的值符合 ITU-T Y.1541 建议书附件 III 的表 III.2 的规定。

按照在本附件第 1 节中的描述和按照 §6.3 中的描述，包含 FWA 系统的接入网的 IPTD 和 IPDV，即  $D(AN)$  和  $DV(AN)$  取决于接入协议，它们根据像总业务量那样的一些条件不同而急剧变化。所以，确定这些值是相当困难的。

在 FWA 系统采用本报告附件 2 中的基于 CSMA/CA 无线接入协议的情况下，有某些接入协议时延的例子。根据该附件，假设  $D(AN)$  在几 ms 或几十 ms 的范围内改变。在这一分析中，作为例子，采用 10 ms。这一个值（10 ms）也被设定为 ETSI HIPERACCESS（见 ETSI TR 101 177 V.1.1.1[1]）的性能指标。附件 2 也表示了接入协议时延的  $1 \times 10^{-3}$  分位数的一些例子。虽然  $1 \times 10^{-3}$  时延分位数也根据几个条件而改变，但是正在采用在 CSMA/CA（54M 模式； $m = 5$ ）的情况下的值 16 ms 作为一个例子。

图 26

QoS 等级 0 的假设参考通道 (包括 FWA 系统)



Rap 2058-26

表 11

典型的 QoS 等级 0 的路径的时延分析  
(在 CSMA/CA 作为 FWA 接入协议的情况下)

元 素	单 位	IPTD/单位 (ms)	平均 IPTD (ms)	IPDV/单位 (ms)	最大 IPDV (ms)
距离	4 070 km				
路由长度	5 087.5 km		25		
包含 FWA 系统的接入网	1	1	<b>10</b>	1	<b>16</b>
IP 网 1			20		28
接入, $N_A$	1	10	10	16	16
分配, $N_D$	1	3	3	3	3
核心, $N_C$	2	2	4	3	6
网际网 GW, $N_I$	1	3	3	3	3
IP 网 2			24		34
接入, $N_A$	1	10	10	16	16
分配, $N_D$	1	3	3	3	3
核心, $N_C$	4	2	8	3	12
网际网 GW, $N_I$	1	3	3	3	3
非-IP 网			15		0
<b>UNI-UNI 总时延 (ms)</b>			<b>94</b>		<b>78</b>
ITU-T Y.1541 建议书规范			100		50

计算出的在 UNI-UNI 中的 IPTD 值是 94 ms，它在对等级 0 的 100 ms 的规范以内。另一方面，计算出的在 UNI-UNI 中的 IPDV 值是 78 ms，这一值比 ITU-T Y.1541 建议书中的规范（50 ms）大。在这一方面，将需要进一步研究。然而，必须注意到下列情况：

- 78 ms 是根据 16 ms（DV（AN））和 62 ms（由其它部分引起的 IPDV）计算出来的；
- 由其它部分引起的 62 ms 与 ITU-T Y.1541 建议书附录 III 的表 III.2 中 UNI-UNI IPDV 计算例子所使用的值相一致；和
- ITU-T Y.1541 建议书本身认为 62 ms 是很悲观的估计，因为它假设每一路由器的最坏情况相加。

表 11 还列出了在 CSMA/CA 作为 FWA 系统接入协议的情况下的 UNI-UNI 时延的例子。在 FWA 系统采用 TDMA 的情况下，IPTD 和 IPDV 可能会得到改善。

## 附 件 5

### 支持 VoIP 技术的宽频带 FWA 系统的技术特性

#### 1 引言

最近几年，VoIP 业务对宽频带网际业务提供商来说，甚至对传统电信运营商来说，都已经是最有吸引力的应用之一。ITU-T 正在对 VoIP 的几个方面进行标准化，例如协议、传输和话音质量。对基于 IP 的网络，有几个规定端对端性能指标的 ITU-T 建议书。当由 FWA 系统提供 VoIP 业务时，为了适应端对端的性能指标，也应该规定无线部分的性能指标。这一附件提供了为了满足在 FWA 系统中传送的 VoIP 的性能参数所要考虑的事项。

#### 2 VoIP 要求的参数与端对端性能指标的关系

ITU-T Y.1540 和 Y.1541 建议书规定了 IP 包传输的性能指标。ITU-T Y.1540 建议书规定了可用性的性能参数，而 ITU-T Y.1541 建议书规定了六种 QoS 等级和 IP 包传送的性能参数。两个建议书都应用于端对端的国际 IP 数据通信业务。它们支持范围广泛的 IP 应用，例如 VoIP、多媒体会议或互动数据传送。所以，对话音传输而言，性能指标的某些部分就足够了。

有两种衡量电话的话音质量的方案。一个是主观评定方案，另一个是客观评定方案。在主观试验中，一般采用平均评定分（MOS）评估法，为了得到网络性能的定量指标，将它取数学平均。ITU-T P.800 建议书提供了详尽的 MOS 测量程序。PESQ 是一种有代表性的客观测试法，它通过将输入的试验信号与穿过该网络以后的信号输出进行比较的方法提供清晰度的测量。ITU-T P.862 建议书提供了 PESQ 的测量程序。

只有 PESQ 不能够保证综合的话音质量。ITU-T G.107 建议书所提供的 E 模型用于全面评定话音质量。它用于计算传输评价系数  $R$ 。 $R$  按下式计算：

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_{e,eff} + A \quad (14)$$

其中：

$R_0$ ：基本的信号噪声比，

$I_s$ ：与话音信号同时出现的所有损伤的组合，

$I_d$ ：由于时延引起的损伤，

$I_{e,eff}$ ：由于低比特率编码和包丢失引起的损伤。

有利因子  $A$  考虑损伤因子的补偿，如移动通信的补偿。

TTC 标准 JJ-201.01 提供了与  $R$  一起使用的这些参数和它们的评估方法。

### 3 为满足 FWA 系统中传送的 VoIP 的性能参数所要考虑的问题

由  $R$  进行评估的对话音质量有影响的性能参数是时延和回声。在基于包的网络中，包丢失是一个与众不同的参数，它也影响话音质量。这些性能参数随无线系统的功能变化。

#### 3.1 时延和回声

时延和回声是在无线系统中要认真考虑的参数。在 E 模型中描述了三个时延参数，如表 12 所示。

表 12  
在 E 模型中的时延参数

参 数	缩 写	单 位	范 围
无回波连接中的绝对时延	$T_a$	ms	<500 ms
回波路径的往返时延	$T_r$	ms	<1 000 ms
回波路径的平均单向时延	$T_a$	ms	<500 ms

$T_a$  是过长的绝对时延，即使有了完全的回声抵消，它也会产生的。 $T_r$  和  $T$  分别引起收听者的回声和谈话者的回声。当 FWA 系统提供 VoIP 业务时，在无线接入部分中的传送时延应该小于 500 ms 减去标准终端（包括编码器、核心网和对面的有线接入网）的时延。当两个接入网都使用无线系统或者使用多跳的无线接入网时，每一无线接入部分的时延应该按照满足在无线接入部分中的总时延量指标的要求进行设计。这一时延指标是一暂定值，因为它是在 E 模型中所使用的最大值。为了确定精确的指标，需要进一步研究。

## 3.2 包丢失

为评估话音质量，有必要估计包丢失。在网络的包业务量超过所设计的网络性能容量那样的网络条件下，包丢失增加。在有线和无线两种系统中都会出现这样的条件。无线系统中的包丢失概率（ $P_{pl}$ ）比有线系统大，因为无线系统中的网络性能通常比有线系统差。在无线系统中，数据传输速率低于有线（光纤）系统，并且由于干扰、遮挡或降雨衰减，有时信号可能会劣化。

$P_{pl}$  是由网络中的包丢失概率（ $P_{plN}$ ）和抖动吸收缓存器中的包丢失概率（ $P_{plB}$ ）组成的。 $P_{plN}$  是接收到的包的数量超过所发送的包的数量的那部分的比例。 $P_{plB}$  是由于抖动吸收缓存器溢出而产生的浪费的包。当 FWA 系统提供 VoIP 业务时，包丢失率应该小于 20% 减去有线网络的  $P_{plB}$  和  $P_{plN}$ ，如表 13 所示。与时延指标分析时类似，当两个接入都使用无线系统或者使用多跳无线接入网时，在每一无线接入网中的包丢失率应该按照无线接入网的所有丢包率分量满足指标要求进行设计。这也是一个暂定值，因为它是 E 模型中所使用的随机包丢失概率的一个最大值。为了确定精确的指标，需要进一步研究。

表 13  
包丢失参数

参 数	缩 写	单 位	范 围
随机丢包概率	$P_{pl}$	%	<20

TCC 标准 JJ-201.01 和参考文献“在评估 VoIP 的语音质量中的网络性能衡量标准”（MASUDA, M. and ORI, K. [November, 2001] IEICE APSITT2001, p. 333-337）中分别阐明了  $P_{plB}$  的计算模型和计算方法。

## 4 关于包含 FWA 的假设通道的语音质量的例子

在这一节中，估计符合 ITU-T G.711 建议书的话音编码器的处理时延。然后，根据嘴到耳的时延（包括 UNI-UNI 的时延和编码器的时延）的分析，描述了在 ITU-T G.107 建议书中所定义的有关语音质量评估的参数、R 值的计算结果。

### 4.1 编码器时延

现在，有几种编码器用于 VoIP，例如 ITU-T G.711、G.729 和 G.723.1 建议书的编码器。在那些编码器中，最流行的话音编码技术是 ITU-T G.711 建议书。被编码的数据没有被压缩，它的编码速率是 64 kbit/s。表 14 列出了假设的各时延分量的数值。

表 14

符合 ITU-T G.711 建议书的编码器时延的例子

		时延 (ms)	注
包形式		40	帧长的 2 倍
去抖动缓存器, 平均		40	在 80 ms 缓存器情况下
包丢失隐藏	附录 I/G.711	10	一个 PLC “帧”
	无	0	
总量		80 或 90	80 ms (无 PLC), 90 ms (有 PLC)

假设 VoIP 的包长为 200 字节, 包含 40 字节的 TCP/IP 信头和 160 字节的净荷。然后, 计算出编码器的时延是 20 ms。所以, 根据 ITU-T G.113 建议书, 假设包形成的处理时延是 20 ms 的两倍, 即 40 ms。使用去抖动缓存器消除进来的各个包之间的抖动。理想情况下, 根据最大的 IPDV 决定它的缓存器的规模。例如, 若 IPDV 是附件 4 的表 11 中计算出的 78 ms, 则假定缓存器的规模为 80 ms。ITU-T Y.1541 建议书阐述了去抖动缓存器对 IPDV 的影响是以这些包在缓存器中所花费的平均时间为基础的, 并可以假设, 它是缓存器的规模的一半。所以, 在这一情况下, 假定去抖动缓存器的时延分量为 40 ms。此外, 在使用包丢失隐藏 (PLC) 技术的情况下, 要加上 10 ms。结果, 在这一情况下, 估计编码器的时延总共是 80 ms 或 90 ms。

通过减少包形成的时延和/或减小去抖动缓存器的规模能够减小编码器的总时延。包形成时延取决于帧的长度, 并且帧长比较短可以改善编码器时延。然而, 这样 VoIP 信头长度与 VoIP 包总长度的比值变得比较大, 从而, 链路的传输效率将要降低。去抖动缓存器的规模比较小也能够降低编码器的时延。然而, 缓存器的规模做得比较小会导致增加不符合规则的包的出现, 而这样的包是要被丢弃的。

## 4.2 嘴到耳的时延

ITU-T G.114 建议书建议嘴到耳的时延应该小于 150 ms。这一节说明了关于嘴到耳时延计算结果的一个例子。嘴到耳的时延取决于  $D(AN)$  和  $DV(AN)$ , 而两者都随某些条件而变化, 例如 FWA 协议和用户站的数量。

我们作如下假设:

- 除了由包含 FWA 系统的接入部分的时延分量、即  $D(AN)$  和  $DV(AN)$  外, IPTD 和 IPDV (UNI-UNI) 的时延分量根据附件 2 的表 7。
- 产生  $D(AN)$  和  $DV(AN)$  的主要因素是 FWA 系统的接入协议时延, 其它因素忽略不计。
- FWA 系统采用单纯的基于 CSMA/CA 的无线接入协议。
- 条件是从第 1 个站到第  $(m-1)$  站总共  $(m-1)$  个站试图发送像 FTP 那样的长包 (1 500 字节), 另一个站 (第  $m$  个站) 试图发送 VoIP 的短包 (200 字节)。

- 除了去抖动缓存器的时延分量外，由编码器时延处理引入的时延分量根据表 9。假设去抖动缓存器的时延分量是取决于总的 UNI-UNI 的 IPDV。（假设缓存器的规模等于 UNI-UNI 的 IPDV，并假设去抖动器的平均时延分量是缓存器规模的一半。）

根据上面的假设，在短包传输上产生的嘴到耳时延  $D$  (*total*) 可以由下式粗略地计算出来：

$$\text{CoderDelay} = \text{PacketFormation} + \text{DejitterBuffer} + \text{PLC}$$

$$\text{PacketFormation} = 40 \text{ ms}$$

$$\text{DeJitterBuffer} \approx \frac{DV(AN) + DV(IP \text{ Net } 1) + DV(IP \text{ Net } 2)}{2}$$

$$DV(AN) \approx DV(FWA) = A_{(S)} - B_{(L)} \left( \frac{3}{\log p_m} + 1 \right) \quad (15)$$

$$DV(IP \text{ Net } 1) = 28 \text{ ms}$$

$$DV(IP \text{ Net } 2) = 34 \text{ ms}$$

$$\text{PLC} = \begin{cases} 10 \text{ ms} & (\text{有 PLC}) \\ 0 & (\text{无 PLC}) \end{cases}$$

$$D(\text{total}) = \text{IPTD}(\text{UNI} \cdot \text{UNI}) + \text{CoderDelay}$$

$$= D(AN) + D(\text{Route}) + D(IP \text{ Net } 1) + D(IP \text{ Net } 2) + D(\text{NonIP Net}) + \text{CoderDelay}$$

其中：

$$D(AN) \approx D(FWA) \approx A_{(S)} + B_{(L)} \frac{P_m}{1 - p_m} \quad (16)$$

$$D(\text{Route}) = 25 \text{ ms}$$

$$D(IP \text{ Net } 1) = 20 \text{ ms}$$

$$D(IP \text{ Net } 2) = 24 \text{ ms}$$

$$D(\text{NonIP Net}) = 15 \text{ ms}$$

附件 5 给出了  $A_{(S)}$ 、 $B_{(L)}$  以及公式 (13) 和 (14)。

所以， $D$  (*total*) 可以由下式计算出来：

$$D(\text{total}) \approx \frac{3}{2} A_{(S)} + \frac{B_{(L)}}{2} \left( \frac{2p_m}{1-p_m} - \frac{3}{\log p_m} - 1 \right) + 165 \text{ (或 } 155)$$

图 27 表示计算出的第  $m$  站来的短包遭受的嘴到耳时延的例子。假设的传输模式是 CSMA/CA 的 54M 模式。当有 9 个站试图发送长包，则从第 10 个站来的 VoIP 包可能要受到约 200 ms 的时延。

图 27  
平均的嘴到耳时延的例子

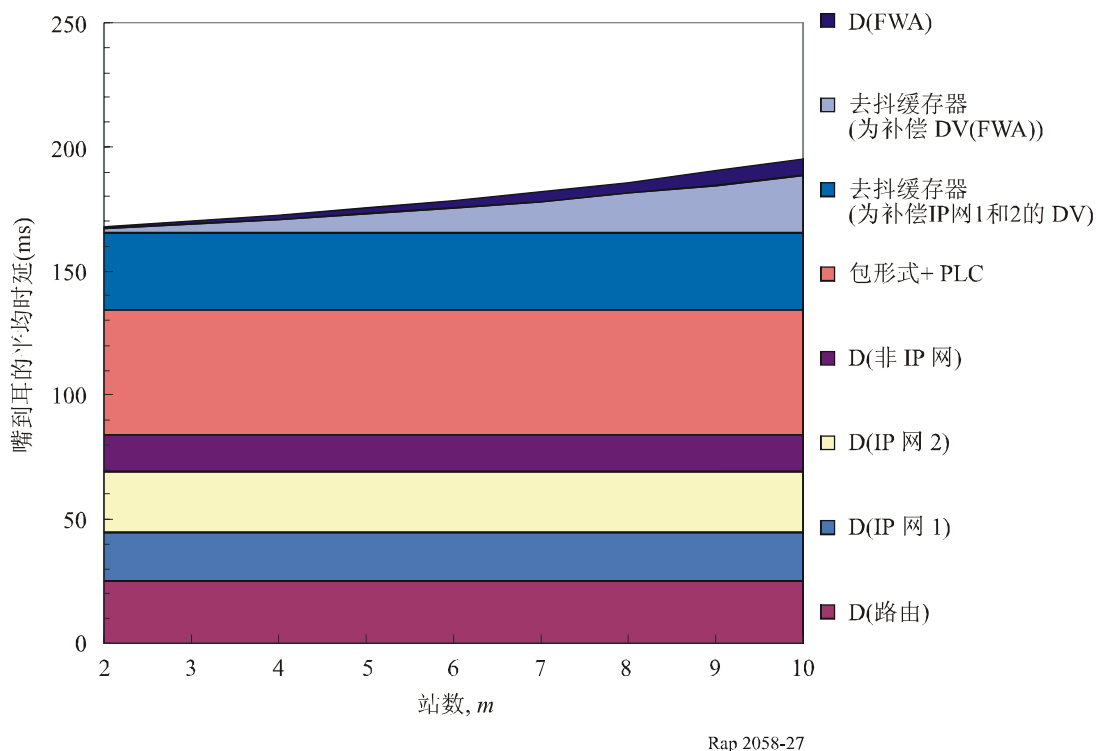


图 27 也表示了对嘴到耳时延的每一项时延分量。165 ms 的时延分量并不取决于 FWA 的特性。在  $m$  比较小的情况下，165 ms 的时延成为嘴到耳时延的主要部分。另一方面，随着  $m$  增加，与 FWA 有关的时延分量迅速增加。与 FWA 有关的时延分量由以下部分组成：

- D (FWA)：在 FWA 部分中产生的 IPTD，和
  - D (Buff)：由去抖动缓存器对 DV (FWA) 补偿的处理时延分量
- 而且，在这一例子中，D (Buff) 比 D (FWA) 要大一些。

### 4.3 R 值的典型计算

正如在 §4.2 中所描述的那样，在某些条件下，嘴到耳的时延取决于站的数量  $m$ ，并且显然，在 ITU-T G.107 建议书中所定义的  $R$  值取决于嘴到耳的时延。所以，可以认为  $R$  的数值取决于  $m$ 。在 §4.2 中所说明的假设条件下，分别表示了随机包丢失概率  $P_{pl}$  为 0, 0.1, 1.0 和 3.0% 的情况下， $m$  和  $R$  值之间关系的例子。表 15 列出了由设备损伤系数  $I_e$ 、包丢失坚固性系数  $B_{pl}$  和  $P_{pl}$  给出的与包丢失有关的有效设备损伤系数  $I_{e-eff}$ 。

计算  $R$  值所需要的其它参数值是 ITU-T G.107 建议书中规定的缺省值。这里假设：

$$\text{平均单向时延 } (T) = \text{绝对时延 } (T_a) = \text{往返时延 } (T_r) / 2。$$

图 28 (54M 模式) 和图 29 (24M 模式) 表示了计算结果的例子。当  $m$  比较小时，每一模式的  $R$  值劣化量几乎相等。然而，随着  $m$  的增加 24M 模式的  $R$  值劣化要厉害一些。



表 15  
设备操作系数

编码器	PLC	$I_e$	$B_{pl}$	$P_{pl}$ (%)	$I_{e-eff}$
G.711	G.711 附录 I	0	25.1	0	0
				0.1	0.4
				1.0	3.6
				3.0	10.1
G.711	无	0	4.3	0	0
				0.1	2.2
				1.0	17.9
				3.0	39.0

在  $P_{pl}$  像 0.1% 那样的比较小的值情况下，可以发现就对话音通信而言，能够使用符合 ITU-T G.711 建议书的无 PLC 的编码器。然而，在出现许多包丢失的情况下，将需要 PLC。PLC 改善了  $R$  值的劣化，并保持  $R$  值在 70% 以上。

图 28  
计算  $R$  值的例子 (CSMA/CA, 54M 模式)

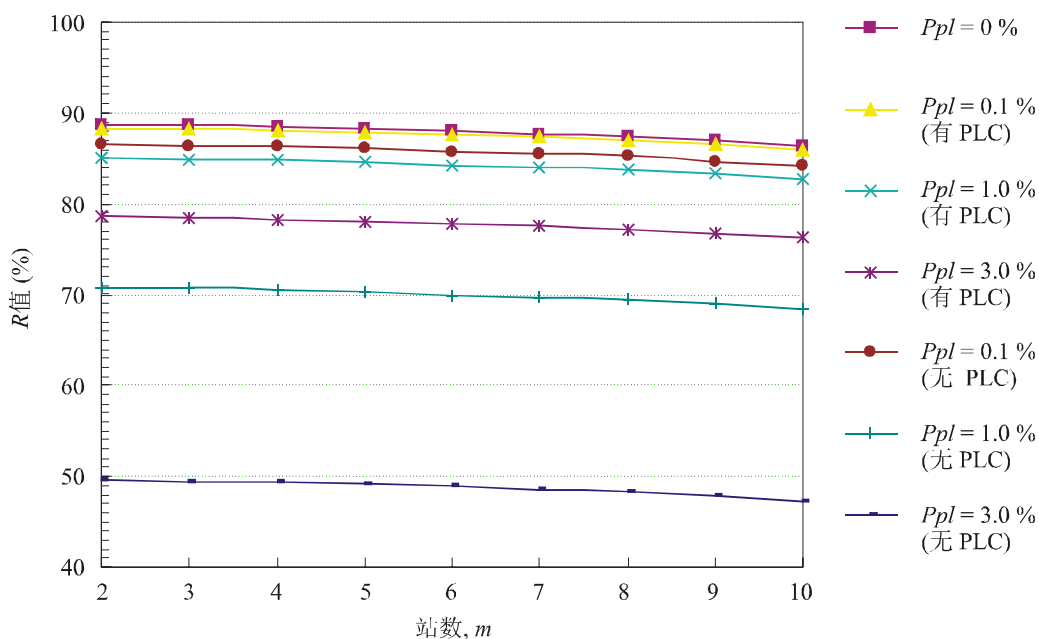
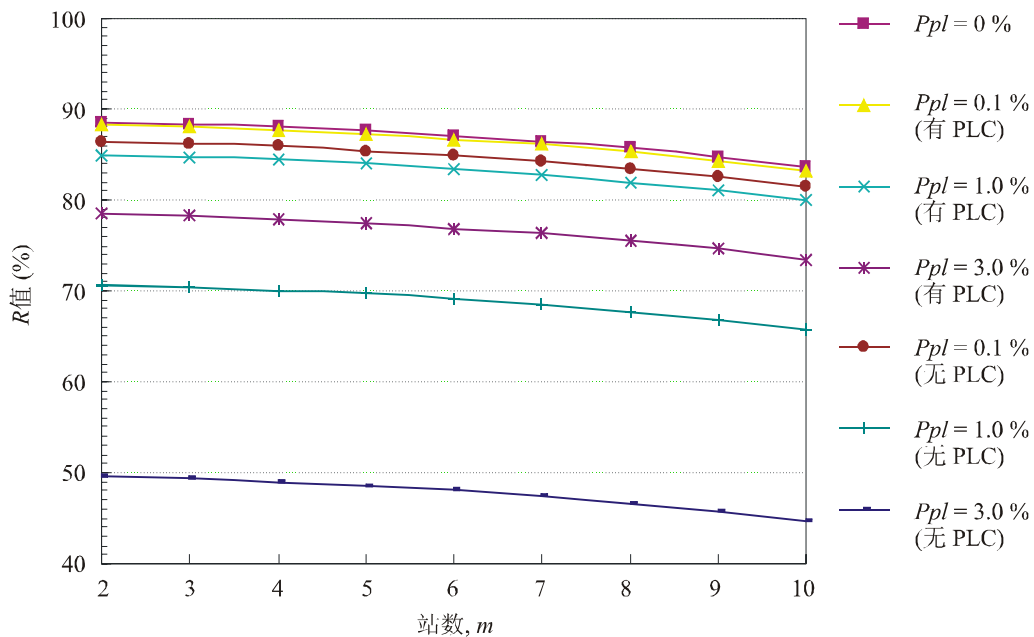


图 29

R 值的典型计算 (CSMA/CA, 24M 模式)



Rap 2058-29

## 附件 6

### 改善频谱利用效率的技术

#### 1 引言

在 ATM 系统中, 各信元是异步产生的。当信元流在宽频带传送线上发送信元流时, 插入空闲信元, 如图 30 所示。在这一情况下, 保持合法的信元间隔和 CDV。然而, 从频谱利用效率的观点来看, 这一方法对无线系统可能是不适用的。为了提高频谱利用效率, 去掉空闲信元是相当有效的。这一节提供了不插入空闲信元, 但保持 CDV 的方法。它们是不同的可能途径的例子。

去掉空闲信元是保证频谱利用效率的重要措施。应该把空闲信元看作是在没有什么有用的数据可以用于传输时, 填充要发送数据的一个物理层。不过, 去掉空闲信元并不意味着 ATM 信元必须在长于 1 个信元的突发中发送出去, 因为在长于单个信元的突发中发送多个 ATM 信元会产生无法接受的时延。每次需要形成突发时 (像在 P-MP 系统的上行信道中那样), 要求这些突发的长度应该是单个信元的长度。

在无线信道上避免空闲信元的可能方法如下:

- 统计复用 (若无线信道的比特率可以与基带接口的比特率相当)。
- 给无线信道指配低得多的比特率。

## 2 统计复用

当提供统计复用（由不至一个连接/站共用一个物理媒质），并且无线信道的比特率可以与基带接口的比特率相当（或不显著低于基带接口的比特率）时，统计复用有可能减小由空闲信元所产生的浪费，而不引入信元时延的改变。第二次连接/站将使用第一次连接/站没有占用的时隙等等。图 30 是一次连接的例子：在去掉空闲信元（用\*号作标记）后留下的空出来时隙可以由无线信道上的其它连接/站使用。

## 3 无线信道上的比特率减小

若无线信道的比特率比每一终端站上的基带接口比特率低得多，在信元的位置信息中会有粒度的丢失。为了恢复那些信息，可以使用像下面所描述的那些技术那样的技术；只有在比特率的降低很大（>10 倍）和连接的“突发性”相当高（后面有长的静默期的以峰值信元速率（PCR）的长的突发）的情况下才有可能需要这一技术。可能还要注意的是一协商好的 PCR 不得超过无线信道的速率（连接的准入和控制部分负那个责任），并且在这一前提下，该问题不会出现。若我们要允许 PCR 超过无线接口的速率，可以采用下面的技术之一。它们是作为例子提供的。

若无线信道的比特率比基带接口的比特率低得多，则在发送侧去掉空闲信元，但是在接收机中必须重新插入空闲信元。在接收侧，有两个方法重新产生空闲信元。

### a) 有规律的间隔

在这一方法中，如图 31 所示，在接收机侧，有效信元间隔保持固定。这一方法可以适用于有恒定信元间隔的 CBR 和适合于以 CDV 独立工作的未规定的比特率 (UBR)。这一方法的优点是一个易于控制的功能。另一方面，其缺点是在 VBR 业务中，由于 CDV 引起性能劣化。

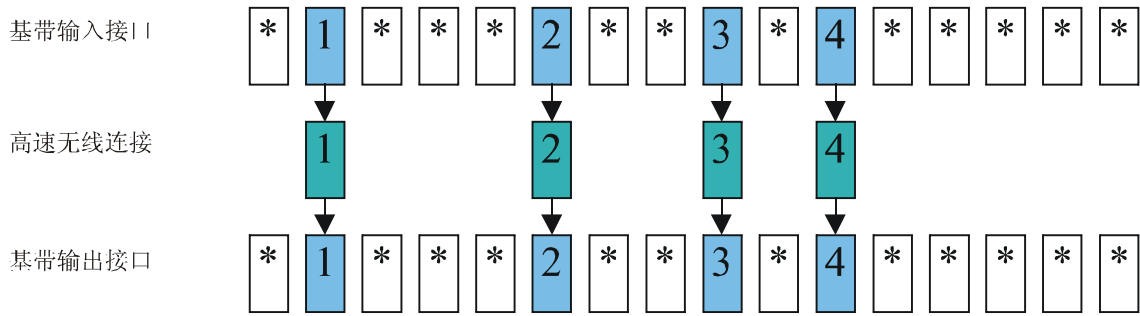
### b) 时间标记

在这一方法中，根据每一信元的时隙产生定时信息，并且在发射机一侧，给这信元加上这一信息的标记，如图 32 所示。在接收机侧，根据该时间标记精确地控制信元的间隔。这一方法的长处是 CDV 的保持。这一方法的缺点是传输效率降低，这是由于传输时间标记需要附加的字节和为了处理 CDV 的起伏必须附加时延（附加时延量与 CDV 的起伏和基带接口上的最大突发长度有关，因此，它可能不易推算出来）的缘故。

图 30

具有一个信元长的突发的高速无线连接和统计复用

\*=空闲信元。在无线连接中，空闲的时隙用于其它连接(统计复用)

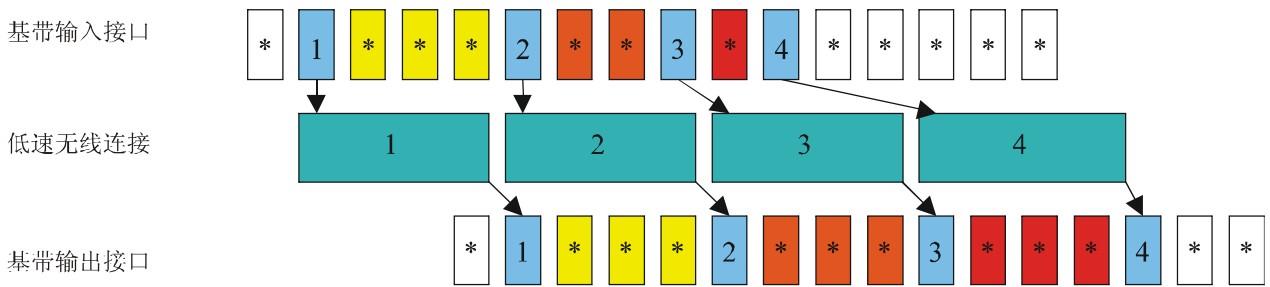


Rap 2058-30

图 31

具有一个信元长的突发的低速无线连接和没有加时间标记（不保持 CDV）

\* = 空闲信元

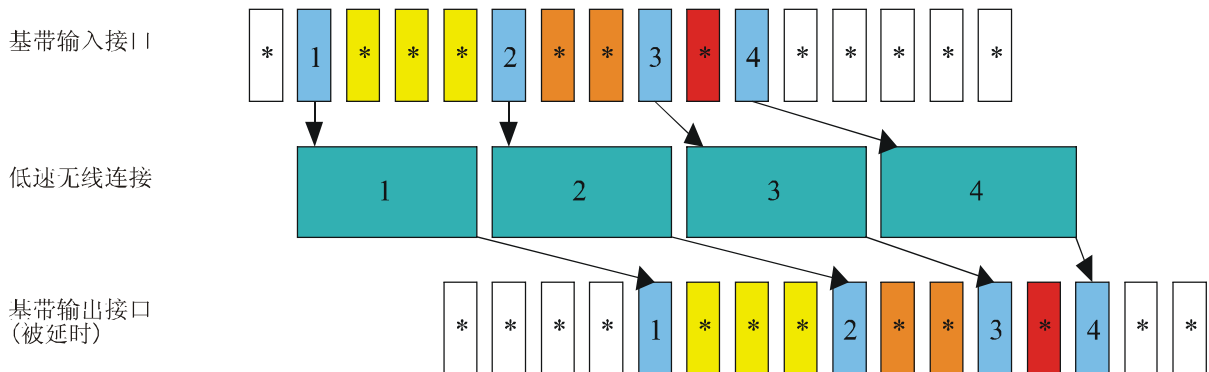


Rap 2058-31

图 32

具有一个信元长的突发的低速无线连接和加时间标记（保持 CDV）

\* = 空闲信元



Rap 2058-32

## 附件 7

## 在基于 ATM 的 FWA 系统中的纠错技术

## 1 用于基于 ATM 的 FWA 系统的 ARQ

## 1.1 引言

ARQ 是一种差错控制技术。ARQ 需要每个信元有一个差错检测码和一个序列号。序列号根据各信元的次序产生，并且在发送一侧，将它加到每一有效信元上。当一个有效信元丢失时，接收机请求发送侧重传这一丢失的信元。在重传以后，根据序列号重新排列各信元的次序。

对非实时业务，这样的 ARQ 相当有效。然而，在实时业务中，延时时间就成问题了。一个解决方案是 ARQ 仅限于非实时业务。然而，对实时业务，可以应用具有受限的重试次数的快速 ARQ 策略。

应该通过对 ARQ 与只有 FEC 或与两种技术的组合进行比较的方法进行评估。

具有 ATM 的 ARQ 的主要缺点是时延。为了避免 CDV，在接收机端，必须加上一固定的时延，其值等于重传时间（或重传最多次数的时间）。

在 ATM 系中，通常有对时延有严格要求的业务和对时延不敏感的业务。还必须考虑信元丢失的要求。

ATM 论坛无线 ATM 工作组建议把下面的值作为最严格的要求<sup>1</sup>：

	实时业务	非实时业务
CLR	$10^{-7}$	$10^{-9}$
时延	10 ms	500 ms 或更高

有两个可选方案可以应用：对所有业务，规定一个快速 ARQ 策略或者仅对非实时业务引入 ARQ。

限制 ARQ 仅用于非实时业务的选择方案意味着为了在没有 ARQ 的条件保证信元丢失率低于  $10^{-7}$ ，无线信道必须量身定做（发射功率和 FEC 的能力）。对非实时业务而言，使用 ARQ 使得有可能将非实时业务的 CLR 降低到所要求的  $10^{-9}$ ，这相当于有 0.5-1 dB 的增益（在高斯信道上）；所以，它只给出了相当有限的益处（稍微增加一点功率或 FEC 长度就可以得到相同的增益）并且它还是相当复杂的。

受约束的 ARQ 还可能导致出现系统不能供 CBR 使用和将适于 UBR 使用的情况。这就是为什么它受到质疑的主要原因，质疑的问题是缓慢的和对业务类型要作选择的重传是否有用。

建议把具有能力重传所有类型业务的快速选择性重复 ARQ 看作专门处理受突发差错（主要由衰落和干扰引起）影响信道的可选方案；最大重传次数和最大重传时延（原则上对逐个连接，它们可以是不同的和可以降低到 0 = 不重传）将使得有可能处理具有不同要求的连接。

<sup>1</sup> 关于无线 ATM 规范的 ATM 论坛底线的文本，1998（ATM 论坛 BTD-WATM-01.06）。

为了使得 ARQ 有可能处理更大量的连接，必须采取一切可能的措施尽可能快地进行重传。

可以看出，若信道是高斯信道，与具有相同开销的 FEC（或若联合使用与更长的 FEC）相比较，ARQ 的优点是受限制的。在突发误码环境中，ARQ 是有功效的。更低的频率（特别是移动接入，而且也对固定接入）要受到人为噪声、干扰和多径干扰，因而在这些频率上，突发误码是十分普遍的。更高的频率受到上面提到的那些型式的噪声比较少，所以，一般把它们视为白色高斯噪声环境。

在较低的频率上，应该建议（可选）使用 ARQ，而对较高的频率（18 GHz 以上）建议不使用 ARQ。

在 TDD 系统中（在 P-MP 和 P-P 两种系统中），实施 ARQ 必须慎之又慎，因为它要产生大的时延（预料上行帧和下行帧比一个 ATM 信元长，因而应答和重传总是要延时一个帧的时间）。建议在 TDD 系统中，应该仅在必要时考虑 ARQ。

## 1.2 不同的 ARQ 方法的比较

一般，有两种 ARQ 的方法，即退回  $n$  步法（GBN）和选择性重复法（SR）。图 33a) 和 b) 分别表示 GBN 和 SR 的方案。在 GBN 中，接收机给发射机第一个出差错的信元序列号作为 NAK（否定应答），然后，发射机根据 NAK 指出的那个信元重发信元流。在 SR 中，接收机一收到 NAK，将只重发出差错的信元。

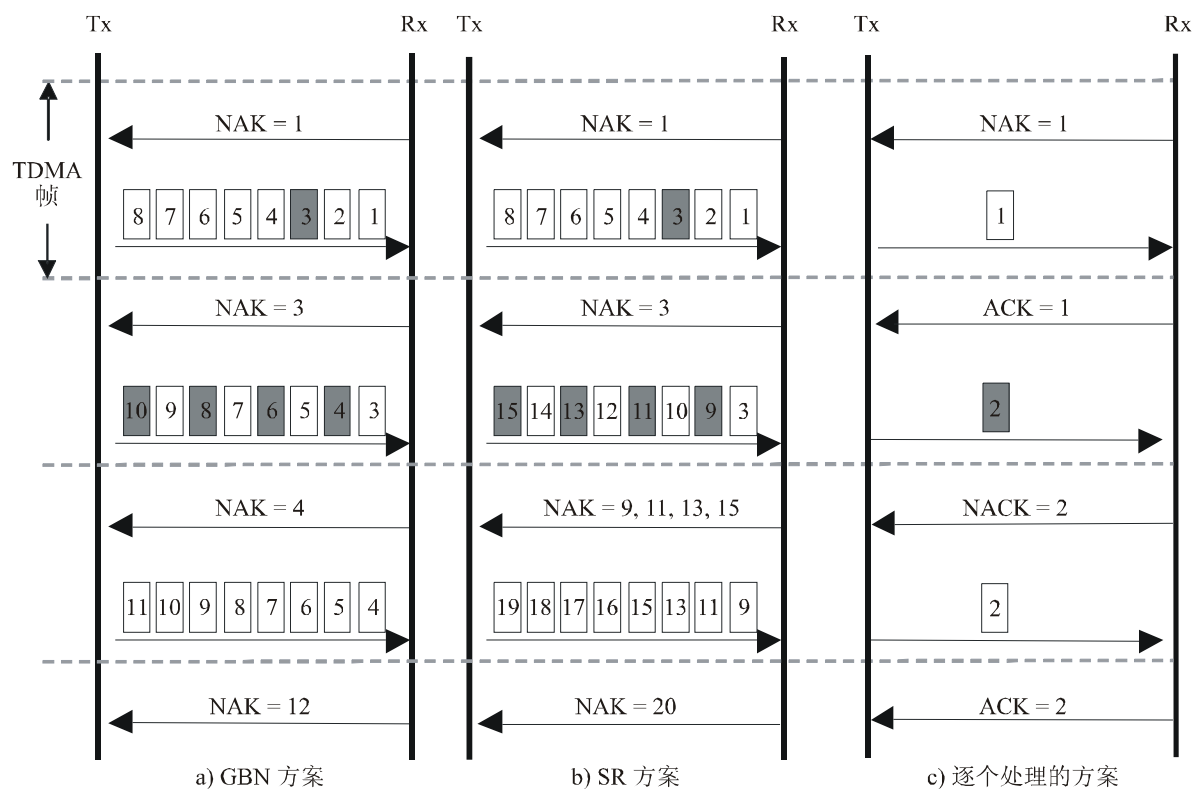
除了这两种方法外，还可能有一方法。通过这方法，发射机逐个接收来自接收机的证实成功地接收到各信元的信息，并且在前面的信元到达接收机以前，不再发送后面的信元（见图 33c)）。从频谱利用的观点来看，对使用 ATM 的 FWA 系统来说，这一点是无法接受的。

SR 需要比 GBN 更复杂的 ARQ 控制机制，但是它有更高的效率。图 34 表示假设在随机误码的条件下，在某些基于 TDMA 的帧格式的情况下的 GBN 传输效率的特性。当  $N_{output} = 1$  时，SR 的吞吐量等于 GBN 的吞吐量，并且与  $N_{output}$  无关。这里  $N_{output}$  表示在 ARQ 期间（即 TDMA 帧）所发送的信元数量。在这一计算中，对重复的次数没有加以限制。假设发射机中缓存器的容量不受限制，并且为了简化，忽略 ACK 信息传输容量。然而，若有产生突发误码的趋势，而不是随机误码的趋势，则这两个方法之间的差别会更小。如图 34 所示，在 BER 比较高的情况下，GBN 的传输特性比 SR 的传输特性要差得多。因此，对 ARQ 而言，SR 是合乎需要的。

## 1.3 从接收机向发射机发送误码通知的方法

通常，在 SR 中，接收机用已经到达接收机的数据（在这一情况下是信元）的序列号的 ACK 通知发射机。然而，在这一文件中所讨论的无线 ATM 系统中，所发送的所有信元的 ACK 信息量可能非常大，因为受 ARQ 管理的信元数量相当大。在这一情况下，ACK 信息是占用信道带宽的相当大的部分。所以，从频谱效率的观点来看，接收机通知发射机表示还没有被接收机接收到的信元的 NAK 信息的方法是比较理想的（在重传的发生率小于 1% 的假设条件下，所以，每 100 信元，只发送一个 NAK）。

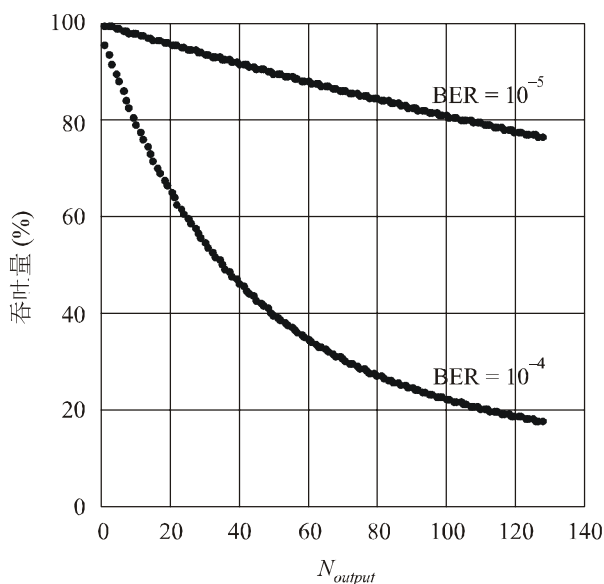
图 33  
基本的 ARQ 方案



■ 出错的信元

Rap 2058-33

图 34  
GBN 的  $N_{output}$  和吞吐量之间的关系<sup>2</sup>



Rap 2058-34

<sup>2</sup> OHTA, A. *et al.* [1998 年 5 月]PRIME ARQ: 高速无线 ATM 的新型 ARQ 方案 — 设计、实施和性能评估, VTC'98 p.1128-1134.

使用 NAK (没有 ACK) 减少了应答的业务量它需要更多的细节: 只有在收到信元 3 以后才能够为信元 2 发出 NAK; 若丢失了 NAK 或丢失了第 1 次重传, 接收机必须在一个暂停时间以后重复 NAK。若给 NAK 和重传指配最高优先级, 这个暂停时间可以相当短。

在选择只使用 NAK 的情况下必须谈到的另一个问题如下: 发射机必须将信元保持在缓存器中, 直到它能够确信将不会收到 NAK 为止。不幸的是, 考虑到 NAK 丢失的可能性以后, 这意味着在 (长) 暂停时间结束以前, 必须一直保存该信元。这一暂停时间必须长于最长的重传时间或为重传最大次数所需要的时间。在接收机中, 为了在不引进 CDV 的条件下有可能重新构建, 必须加上相同的缓存器 (和所以, 加上固定的时延)。

尽管有上述问题, 但是应答业务量的问题, 特别在 P-MP 的上行方向上是很严重的。所以, 尽管它有缺点, NAK 仍然是克服那个问题的一个相当好的思想。另一方法是采用累积应答技术。这一技术产生了一个介于回退  $n$  步和选择性重复技术之间的中间的性能, 但是它将低应答业务量的优点和比较小的缓存器组合在一起。

## 1.4 避免过多重复

在无线 ATM 中, 要处理好几种业务, 每一种业务有不同的 QoS 要求。某些标准组织正在规定无线 ATM 系统中实时业务 (如 CBR 和 rt-VBR (实时 VBR)) 所需要的质量。在 ATM 论坛中, 认为在最严重的 CBR 或 rt-VBR 的情况下, 所需要的 CTD 和 CLR 的值分别为 10 ms 和  $10^{-7}$ 。此外, 根据 ITU-T I.356 建议书的规定, 对最严重的业务类别而言, CLR 应该小于  $10^{-8}$ 。为了提高对 FWA 领域的适应性, 在高误码的无线环境中, 通过使用 FEC 和/或 ARQ 等纠错技术, CLR 能够满足上面的要求是人们所希望的。

在实时业务中, 正如上面所提到的那样, 可以容许的时延相当小。在可以容许的时延内, 进行过多的 ARQ 的试验不再有什么意义。所以, 接收机应该注意重复的次数或时延, 并且当二个中有一个超过容许值时, 接收机应该停止发出 NAK (在同一暂停以后, 发射机也将比它的缓存器中丢弃该包)。

## 2 在 ATM 信元传输中的纠错技术

### 2.1 一般考虑

在传送 ATM 信元的 FWA 中, 应该满足 ATM 层中的性能指标以及物理层中的性能指标。现在, 在这两个层中的性能参数之间的关系正在课题 ITU-R 210/9 的名义下面进行研究。特别是, 系统设计必须满足 ITU-T G.826 建议书中规定的 SESR 指标, 并且也必须满足 ITU-T I.356 建议书中的 CLR 或者 CER 的指标。

### 2.2 HEC 与 FEC 的关系和差分编码的效应

在 ATM 信元传送中, HEC (信头差错控制) 通常应用于信头部分。所以, 能够纠正信头部分中一个比特的差错, 导致信元丢失少得多的输出 (LCO) 和信元错插。

然而, 应该注意的是, 当 FWA 使用差分编码时, HEC 是没有效果的。因为在差分编码中, 一个码的差错导致两个相邻比特出现差错。这可能使 HEC 变成没有效果, 从而影响系统的 CLR 和 CMR 性能。还应该注意的是对大多数无线应用来说, HEC 的效用可能不够强大, 应该对整个 ATM 信元加上更强有力的 FEC。



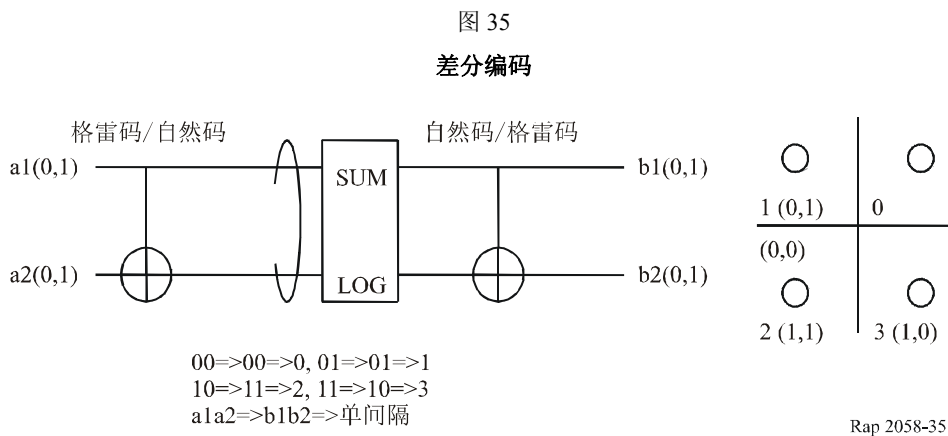
FEC 用作对整个 ATM 信元的一个纠错方法，并且它通常能够纠正多个差错。若应用了 FEC，它解决了差分编码的问题。而且，若引进了 FEC，HEC 是多余的和它可以被去掉。可以很容易地证明，一个字节长的 FEC 的能力总是比 FEC+HEC 的组合要更强大。

这就告诉我们，只要有可能应用，应该应用 FEC，而 HEC 应该去掉。若不使用 FEC，而使用差分编码，则下面描述了一个使 HEC 能够在差分编码环境下工作的方法。

### 2.3 当应用无 FEC 的 HEC 时，避免差分编码效应的方法的例子

虽然存在不需要差分编码的数字通道，但是在许多其它情况下，总有差分编码。为了避免误码在单个信元内扩散，将有必要在输入的 ATM 信元流中采用某些类型的比特信号处理方法。下面提供了这一方法的例子。

为了消除被恢复的载波的相位的不确定性，一般使用差分编码。在这一系统中，根据两个连续的信号的和，将调制信号映射在信号空间上。在接收机侧，计算正在接收的信号和前一信号之间的差别。用模-4 逻辑算法计算和及差。即使有 90° 的不确定性，由于两个相邻信号所恢复出的载波有相同相位，这一不确定性可以抵消。这些关系如图 35 所示。



然而，若使用差分编码，在接收信号中出现一个比特的差错可能要扩散到两个连续的时隙，如图 36 所示。

图 36  
由差分编码引起的连续差错

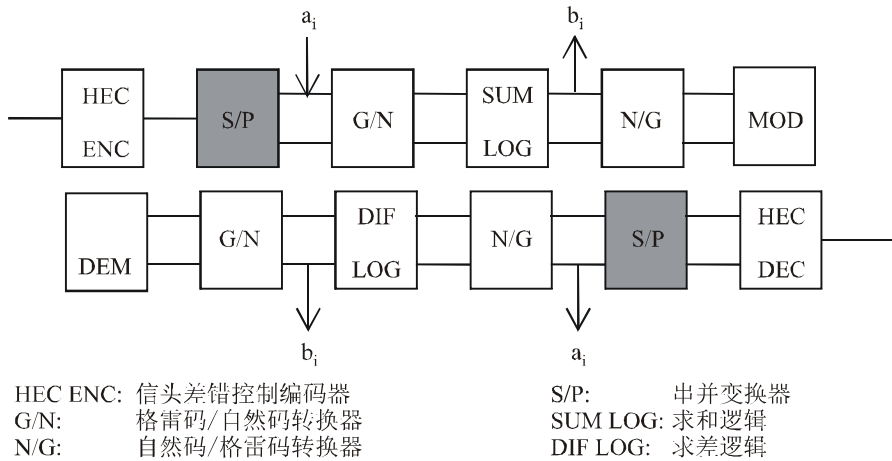
b1 000X000=>a1 000X000 或 000XX00 或 0000X00 或 0000000  
 b2 0000000=>a2 0000X00 或 0000000 或 000X000 或 000XX00

X: 差错, O: 无差错

另一方面，在 ATM 信元的信头中，使用 HEC 控制。在差分编码处理范围以外处理 HEC，如图 37 所示，并且它将受到上面提到的由于差分编码引起的连续误码的影响。因为 HEC 使用这样的一比特差错的纠错和多个一个比特差错时使用差错检测的功能，使得在由于差分编码引起上面提到的连续出差错的情况下，纠错的效果将显著劣化。

图 37

ATM 信元的 HEC 处理

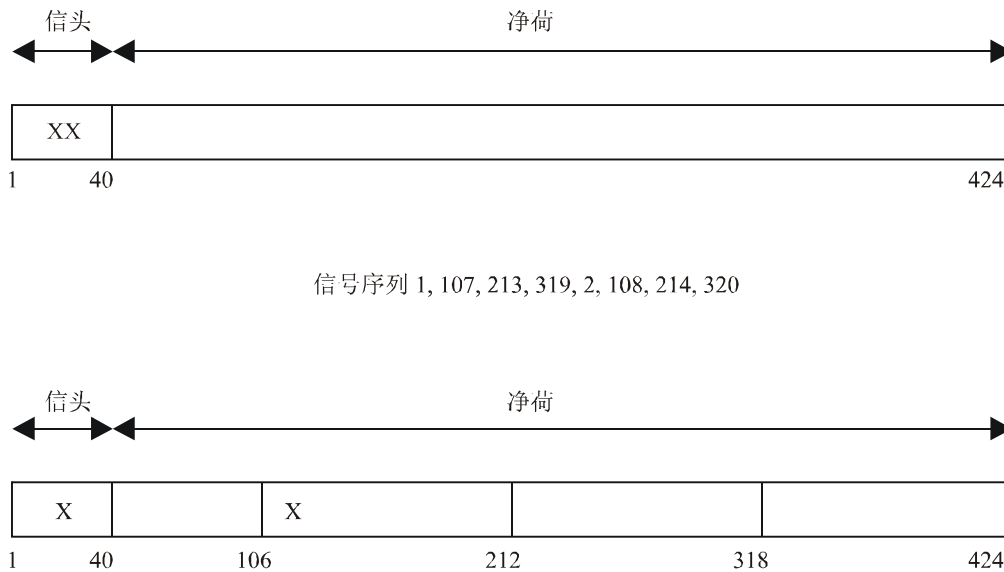


Rap 2058-37

为了避免 HEC 劣化，比特交织是有效的方法，如图 38 所示。比特交织处理将信元内的连续比特分解为信头和净荷。这将把连续的差错比特分解为信头和净荷，从而导致在该信头中有一比特出差错，从而改善了成功地纠错的概率。图 38 中，将信元分成 4 部分，假设采用差分编码的 QPSK。

图 38

在 ATM 信元内的比特交织



Rap 2058-38