

# 3G 无线网络中自适应 QoS 的多媒体传输\*

刘俊勇,陶洋

(重庆邮电学院,重庆 400065)

**摘要:**探讨自适应 QoS 支持的多媒体(如视频、音频、电子邮件和 web 流量)在 3G 无线信道传输时资源的分配。对不同类型媒体,结合链路层和应用层的自适应 QoS,给出一种端到端的结构。估计变化的信道并进行动态分配资源。

**关键词:**第 3 代移动通信;自适应服务质量;前向纠错;自动请求重传

**中图分类号:**TN919.8 **文献标识码:**A

## 0 引言

随着 Internet 和无线接入的快速增长,在无线网络上传输多媒体业务有巨大的需求。3G 无线网络给多媒体业务提供 384 kbit/s~2 Mbit/s 的带宽,使得在无线链路上提供集成的数据、语音、音频,视频业务成为可能<sup>[1]</sup>。

不同媒体的特征是不同的。对实时多媒体传输,如视频和音频,延时要求小,但容许一些错误。另外,非实时多媒体传输,如 Web 接入和下载文件,需要可靠性,容许一定的延时。不同媒体的不同特性或给定媒体的不同部分,需要各种 QoS。如低层的可扩展的媒体编解码器有高的 QoS 需求<sup>[2]</sup>。有几种不同 QoS 需求的业务系统的主要困难是在可变的信道中不容易把这些质量标准结合为单一的性能测量标准以达到理想的质量。为达到理想的媒体质量,可以控制媒体源或信道。优化通常是局部的,因为没考虑一些动态的系统。

针对这些难题,给出跨层的媒体传输结构来支持不同类的 QoS。考虑了应用层,传输层,链路层和物理层,以达到理想的端到端的质量。并考虑了信道的动态变化。

## 1 3G 无线信道的跨层端到端自适应 QoS 多媒体传输结构

为有效地在 3G 无线信道传输多媒体业务,应支

持多媒体流和不同的 QoS。支持多媒体流,即在一个源能同时支持不同 QoS 需求的流。因为在用户间的多媒体通信有可能包含不同 QoS 需求的语音、视频、数据。在 3G 标准中有 4 种不同的 QoS 类:对话类、流类、交互式类、背景类<sup>[3]</sup>。

第 3 代无线标准从概念上定义了一定范围的参数值,这就使得有很多可选的方法来制订一系列的流量和 QoS 参数值。在提出的传输结构中,自适应的 QoS 被划分为两部分:链路层自适应 QoS,系统层自适应 QoS<sup>[3-5]</sup>。

在 3G 无线信道上进行多媒体传输的挑战是把网络层和应用层结合起来考虑,以达到理想的端到端性能。设计出跨层的自适应机制以达到:

- (1) 根据媒体特性自适应调整链路层的 QoS;
- (2) 精确模拟可变的衰减信道和动态的产生比特错误和突发错误的反馈;
- (3) 根据媒体特性和可变的信道状态自适应地进行源的比特分配和在应用层进行保护;
- (4) 对不同类型的媒体周期性的重新分配资源来达到理想的端到端的质量。

图 1 给出在 3G 无线信道上进行多业务传输的多媒体传输构架。为准确地估计信道状态,信道的 BER,衰减深度,可获得的功耗和切换(handoff)通过不同层反馈到接收端。对电源管理,在后台采用监控程序周期监测电池的能耗。

\* 收稿日期:2002-08-28

作者简介:刘俊勇(1979-),男,江西景德镇人,硕士研究生,研究方向为网络的 QoS 网络控制;陶洋,博士后,硕士生导师。

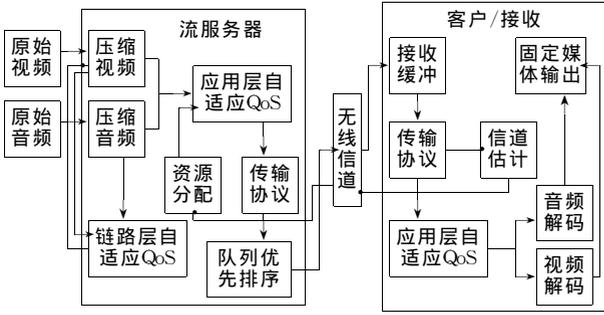


图1 端到端跨层自适应QoS多媒体传输结构

Fig. 1 End-to-end cross-layer architecture for QoS-adaptive multimedia delivery

## 2 链路层自适应QoS

在3G无线信道上有效地传输多媒体,需要支持不同类的QoS。传输流的质量主要依靠它的流量、最大比特率、能保证的比特率、传输延迟、容错性、保护级别、传输信道特性等。在我们提出的传输结构中,无线资源控制(RRC)模块与链路控制(RLC)媒体接入控制(MAC)和物理层协商来决定合适的模式,如图2所示。

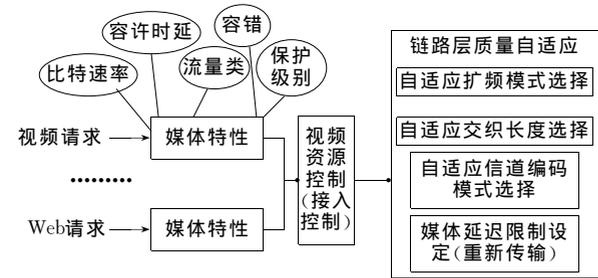


图2 链路层QoS自适应

Fig. 2 Link-level QoS adaptation for certain media

在3G无线信道,每种业务对应一个独立的传输信道。对即将出现的业务请求,相应的配置需要根据业务的特性进行处理。物理层上合适的交织长度和RLC上的合适的重传计数能根据延迟计算出。在物理层根据容错需求选择合适的编码模式。如视频传输选0.5速率的卷积编码,Web数据用Turbo编码。

通过在每个逻辑链路选择正确的比特率,传输功耗,传输调度使流量最大化。最大流量定义为整个激活的链路上的平均数据率的和。

## 3 应用层自适应QoS

如上所述,当媒体在信道中传输时激活链路层自适应QoS。媒体在发送时应用层的自适应QoS对其产生影响。

考虑到有限的带宽和无线链路的易出错环境,

采用错误控制机制是很有必要的。图3为自适应信道混合错误控制机制,冗余被控制到最低。

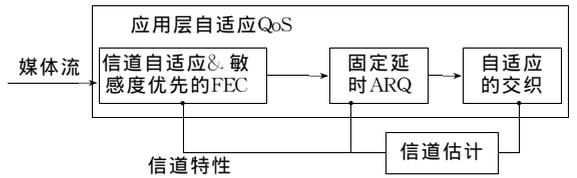


图3 对给定媒体的应用层自适应QoS

Fig. 3 Application-level QoS adaptation for given media

有2个基本的错误检测机制,ARQ和FEC(forward error correction)。ARQ让接收端请求重传丢失或损坏的数据包。FEC传输原始数据有一些冗余,允许接收端重建丢失或损坏的数据包。在这2个错误控制机制,FEC通常用在实时通信,因为它的延时小。然而,即使在没有错误发生的信道FEC,也要引入固定的传输开销。

要保持理想的保护级别,好的错误控制机制应该考虑媒体编码特性和可变的信道环境。根据各种媒体的重要性和单个媒体发生错误后对整个媒体质量产生的影响来确定的冗余度。

## 4 最佳的资源分配

动态资源分配对支持应用层控制的分布式多媒体系统很有必要。无线网络中资源分配的目的是决定怎样分配资源来满足业务需求的质量并且整个媒体流失真最小或功耗最低。通常,不同类型的媒体对整个媒体有不同的影响,在媒体处理中的功耗也不同。计算时, $r_i$ 表示第*i*个媒体流的发送速率, $d_i$ 表示流的失真, $\alpha_i$ 表示流在质量上受影响的程度, $P_i$ 表示处理流的功耗。资源分配的难题可分别表示为:

$$\begin{aligned} & \text{最小化 } D = \sum_i \alpha_i \times d_i, p = \sum_i p_i \leq P_T \\ & R = \sum_i r_i \leq R_T, \text{ 或者} \\ & \text{最小化 } P = \sum_i p_i, D = \sum_i \alpha_i \times d_i \leq D_T \\ & R = \sum_i r_i \leq R_T \end{aligned}$$

式中, $D_T$ 是用户可以接受的失真, $P_T$ 和 $R_T$ 各是可获得的功率和当前整个即时的比特率。每种媒体速率和失真的关系是 $R_i = F(D_i)$ 。由速率失真原理,信源对媒体单元的编码率越低,媒体的失真越大, $R_2 > R_1 \Rightarrow D_2 < D_1$ 。

在无线链路,失真由信源失真和信道失真组成。信源失真(Source  $D(R_i)$ )由媒体速率控制引起。信道的随机误码和突发的衰减误码引起信道失真

Distortion( $n$ )。用公式表示为

$$D(R_s) = \text{Source}D(R_s) + \sum_{n=1}^{R_s} P(n)\text{Distortion}(n) \quad (1)$$

式(1)中, $P(n)$ 是第  $n$  个比特出错的概率。

基于速率—失真的关系,很有必要采用一些错误保护机制来减少由信道传输引起的失真。下面分别讨论FEC,ARQ 和混合的FEC/ARQ 机制。

FEC(forward error corection)适合实时通信。但可变的信道环境限制其有效的使用,因为不恰当的设计会引起大量的开销。采用自适应FEC 在无线网络中传输多媒体。如果网络环境好,错误纠正速率将减少。相反,如果网络环境糟糕,就增加错误纠正速率。于是媒体保护机制根据媒体数据的优先级和网络环境而自适应地变化。

假设  $R$  是速率,FEC 下的失真可由下式计算出。

$$D(R) = \text{Source}D(R_s) + \min_{(N_m, K_m)_{m=1, M}} \left\{ \sum_{m=1}^M \left( \omega_m \times \sum_{l=1}^{L_m} (D_{\text{error}}(l, m)) \right) \right\} \quad (2)$$

式(2)中, $\omega_m$  是第  $m$  个媒体的失真度, $D_{\text{error}}(l, m)$  是信道失真,第  $m$  个媒体中第  $l$  个符号发生错误。 $M$  是媒体类型数, $L_m$  是第  $m$  个媒体中的整个符号数。

如图 4,对 FEC 机制存在一个最佳的速率( $R_{\text{opt-FEC}}$ )来达到最小的失真( $D_{\text{min-FEC}}$ )。闭环的错误控制技术如 ARQ(automatic repeat on request)已经显示出比 FEC 更有效。但重传错误的帧会引入额外的时延,这一点对实时的话音业务很重要。

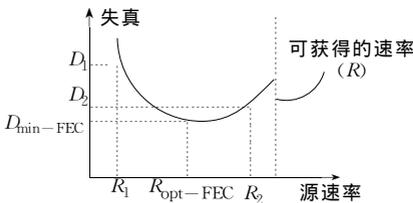


图4 FEC模式对速率—失真关系的影响

Fig. 4 Effect of FEC—scheme on rate—distortion relation

ARQ 模式下的速率—失真关系表示为:

$$R = R_s + \sum_{i=1}^{N_{\text{max}}} P(i) * R_i \quad (3)$$

$$D(R) = \text{Source}D(R_s) + P(N_{\text{max}}) * D(N_{\text{max}}) \quad (4)$$

式(3)、式(4)中, $P(i)$ 是第  $i$  个传输错误数据包的概率; $D(N_k)$ 是第  $N_k$  次传输数据包  $k$  产生的失真; $N_{\text{max}}$  是对某一数据包最大重传时间。

如图 5,对 ARQ 模式存在一个最佳的速率

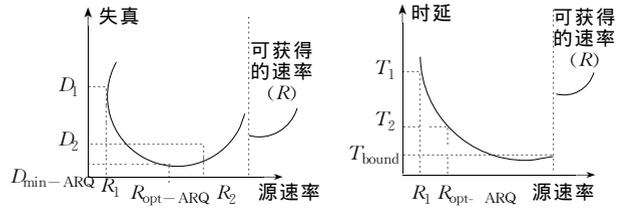


图5 ARQ模式对速率—失真关系的影响

Fig. 5 Effect of ARQ—scheme on rate—distortion relation

( $R_{\text{opt-ARQ}}$ )使失真最小( $D_{\text{min-ARQ}}$ )。没考虑固定时延, $D_{\text{min-ARQ}} < D_{\text{min-FEC}}$ 。如考虑媒体的固定时延( $T_{\text{bound}}$ ),这种理想的失真不可能达到。

基于上面的分析,混合的FEC/ARQ 很自然的变成对多媒体传输合适的错误保护模式。在我们的错误控制模式中,固定时延的ARQ 和优先关系的FEC 被集成到一起,达到对不同媒体的最佳保护。这儿,使用固定时延的ARQ,意味着如果数据包在某一时间间隔后没有到达,它将放弃重新传输,把丢失的信息送给高层。

$R(t)$  表示在时间  $t$  信道的传输速率, $R_s(t)$ 、 $R_{\text{ARQ}}(t)$ 、 $R_{\text{FEC}}(t)$  分别表示在时间  $t$  对某种媒体信源的速率、ARQ 的速率、FEC 的速率, $N_{\text{bound}}$  表示有界的重传计数。然后问题变为在时间  $t$  分配可利用的比特率。如在约束条件

$$R_s(t) + R_{\text{ARQ}}(t) + R_{\text{FEC}}(t) \leq R(t),$$

通过最小化端到端的失真能达到最佳的  $R_s(t)$ ,  $R_{\text{ARQ}}(t)$ ,  $R_{\text{FEC}}(t)$ 。

$$(R_s, R_{\text{ARQ}}, R_{\text{FEC}})_{\text{opt}} = \arg \min_{R_s, R_{\text{ARQ}}, R_{\text{FEC}}} \{ \text{Source}D(R_s) + P(N_{\text{bound}}) * D(N_{\text{bound}}) + \min_{(N_m, K_m)_{m=1, M}} \sum_m (\omega_m \times \sum_l (D_{\text{error}}(l, m))) \} \quad (5)$$

$$\text{且} \quad R_s + \sum_{i=1}^{N_{\text{bound}}} P(i) * R_i \leq R$$

图 6 是在混合的FEC/ARQ 模式下相应的速率—失真的关系。基于上面的分析,可得出: $D_{\text{min-ARQ}} \leq D_{\text{min}} \leq D_{\text{min-FEC}}$ 。同时,能达到媒体的延迟限制( $T_{\text{bound}}$ )。

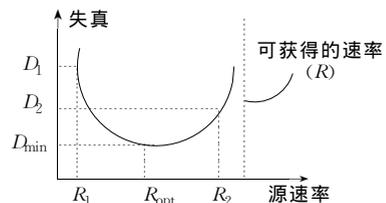


图6 混合的FEC/ARQ模式对速率—失真关系的影响

Fig. 6 Effect of hybrid FEC/ARQ scheme on rate—distortion relation

考虑了可变的信道环境和比特率,资(下转 82 页)

1994,181-199.

[5] Seberry J, ZHANG X M, ZHENG Y. Nonlinearly balanced Boolean function and their propagation characteristic [C], Advance in Cryptology-Crypto '92, Springer-Verlag, 1994,49-60.

[6] PATTERON N J, WLEDEMAN D H. The covering-radius of the  $(2^{15}, 16)$  reed-muller

code is at least 16276 [J], IEEE Transactions on Information Theory, 1983, IT-29(3):354-356.

[7] 冯登国,裴定一. 密码学导引[M]. 北京:科学出版社,1999.

[8] 冯登国,肖国镇. 非线性组合函数的最大相关分析[J]. 中国科学(E辑),1998,38(3):238-243. (编辑:何先刚)

### Note on construction of highly nonlinear balanced Boolean function

JI Qing-bing<sup>1</sup>, ZhANG Zi-rang<sup>2</sup>,

(1. No. 30 Institute of China Electronics Science and Technology Group, Chengdu 610041, P. R. China;

2. Department of Computer Science, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610041, P. R. China)

**Abstract:** Nonlinearity is a nonlinear criterion of Boolean function applied to crypto-system. In this paper, three new ways to construct the highly nonlinear 0-1 balanced Boolean function are given by means of ranking, dividing, modifying, alternating, etc.

**Key words:** balanced Boolean function; Bent function; nonlinearity

(上接62页)源分配的方案能达到最小的失真或最低的功耗。

### 5 结 论

文中给出了用于在3G无线信道上传输多媒体的跨层的自适应QoS结构。结合信道模型,链路层的自适应QoS,应用层的自适应QoS和对不同媒体的资源分配,能够得到最佳的端到端的质量。

#### 参考文献:

[1] DAHLMAN E. WCDMA - The radio Interface for future mobile multimedia communications [J], IEEE Trans. On Veh. Tech., 1998,47(11).

[2] HORN U, GIROD B, BELZER B. Scalable video coding for multimedia applications and robust transmission over wireless channels [C]. in 7<sup>th</sup> Int. Workshop on Packet on Packet Video, 1996.

[3] 3G TS 23. 107, v. 3. 2. 0-2000. QoS Concept and Architecture[S].

[4] 李盘林. 第三代移动通信TD-SCDMA信令测试软件[J]. 重庆邮电学院学报(自然科学版), 2002,4(2):9-11.

[5] 李小文. 从2代过渡到3代-TSM移动通信系统[J]. 重庆邮电学院学报(自然科学版), 2002,14(1):28-32. (编辑:何先刚)

### Transmission of QoS-Adaptive multimedia over 3G network

LIU Jun-yong, TAO Yang

(Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 40065, P. R. China)

**Abstract:** In order to have QoS support for different types of media, such as audio, video, email, and web traffic, this paper addresses an end-to-end architecture combining the link level and application level QoS adaptation together, and dynamically estimates the varying channel and dynamically allocating available resources.

**Key words:** 3G; QoS-Adaptive; FEC; ARQ