

一种适合宽带多媒体卫星通信系统的异步 突发时间计划生成方法

冯少栋^{1,2},李广侠¹,张更新¹,边东明¹

(1.解放军理工大学通信工程学院,江苏南京 210007; 2.解放军 96610 部队,北京 102208)

摘要: 在宽带多媒体卫星通信系统带宽按需分配(Bandwidth on Demand, BoD)过程中,采用周期性突发时间计划生成(Periodical Burst Time Plan Generation, P-BTPG)方法会导致 BoD 性能对带宽分配周期和带宽分配时延十分敏感.通过建立 BoD 时序模型,推导最优带宽分配周期和分配时延值,给出一种最优的突发时间计划生成(Optimal Burst Time Plan Generation, O-BTPG)方法.针对该方法导致突发时间计划(Burst Time Plan BTP)信令开销过大的问题,进一步提出一种能够根据带宽需求异步生成突发时间计划(Asynchronous Burst Time Plan Generation, A-BTPG)的方法,推导采用该方法的最优带宽分配长度和最优带宽分配时刻表达式,给出该方法的执行流程;采用两种典型带宽分配算法对不同的 BTP 生成方法进行性能仿真与分析,仿真结果表明:A-BTPG 方法具有较好的通用性,在控制 BTP 信令开销的前提下能够明显提升系统带宽动态响应能力.

关键词: 卫星通信; 宽带多媒体; 带宽管理; 突发时间计划

中图分类号: TN927

文献标识码: A

文章编号: 0372-2112 (2012)09-1801-08

电子学报 URL: <http://www.ejournal.org.cn>

DOI: 10.3969/j.issn.0372-2112.2012.09.1801

An Asynchronous Burst Time Plan Generation Method for Broadband Satellite Multimedia System

FENG Shao-dong^{1,2}, LI Guang-xia¹, ZHANG Geng-xin¹, BIAN Dong-ming¹

(1. Institute of Communication Engineering, PLA University of Science and Technology, Nanjing, Jiangsu 210007, China;

2. People's Liberation Army 96610 Troop, Beijing 102208, China)

Abstract: During the bandwidth on demand (BoD) procedure of the broadband satellite multimedia (BSM) system, the BoD performance is very sensitive to the bandwidth allocation period (BAP) and bandwidth allocation latency (BAL) by using periodical burst time plan generation (P-BTPG) method. The BoD model is given and the optimal-burst time plan generation (O-BTPG) method is presented by developing the optimal BAP and BAL. Then the large signaling overhead of O-BTPG is focused. An asynchronous burst time plan generation (A-BTPG) method which can generate the BTP asynchronously according to the bandwidth requirements is proposed. The expression of optimal schedule duration and schedule instant is developed, and the workflow is given. Two different bandwidth allocation algorithms were chosen to evaluate performance of the BTP generation methods. Simulation results show that A-BTPG method can be used widely. It can improve the bandwidth responsive ability of the system while controlling the BTP overhead.

Key words: satellite communication; broadband multimedia; bandwidth management; burst time plan

1 引言

宽带多媒体卫星通信 BSM(Broadband Satellite Multimedia)系统以传输高速宽带多媒体业务为主要特色近年来获得了迅猛发展^[1,2].与传统卫星通信系统相比,其最大的不同之处在于承载的业务由低速的数据、语音业务转变为集图像、声音、视频、文本为一体的高速率、

交互式多媒体业务.由于系统承载的用户数更多,业务突发性更强,为系统的带宽管理带来更加严峻的挑战.

BSM 系统为用户终端分配带宽资源主要有两种方式:一种是静态方式,即系统为用户终端分配固定速率的带宽,另一种是按需方式,也称 BoD(Bandwidth on Demand)方式,即系统根据用户终端的请求进行带宽的动态分配.由于 BoD 方式便于系统内用户终端以统计复

用方式充分利用带宽资源,因此是 BSM 系统带宽管理所采用主要方式^[3]。

目前有关 BSM 系统 BoD 方式的研究大都集中在带宽分配算法的改进上,如:跨层设计^[4]、公平分配^[5]和业务预测^[6]等,在这些算法中突发时间计划(Burst Time Plan, BTP)为周期性生成^[7],可以归结为周期性 BTP 生成(Periodical Burst Time Plan Generation, P-BTPG)方法。该方法的特点是: BTP 的生成周期决定系统最小带宽分配单元^[8], BTP 生成周期越长,带宽分配粒度越小,能够实现更加细粒度的带宽分配,但与此同时带宽请求的等待时间越长,算法实时性和灵活性越差。减小 BTP 生成周期可以在一定程度上增强带宽分配算法的灵活性,但会增大 BTP 信令开销。为了进一步解决带宽分配过程中实时性与信令效率之间的矛盾,本文首先建立 BoD 时序模型,从系统带宽动态响应能力的角度对传统的 P-BTPG 方法性能进行分析,在此基础上提出一种性能最优的 BTP 生成方法(Optimal Burst Time Plan Generation, O-BTPG),再针对 O-BTPG 方法信令开销过大的问题进行改进,提出一种异步 BTP 生成方法(A-BTPG),最后以两种典型的带宽分配算法为例对不同的 BTP 生成方法的性能进行仿真分析。

2 P-BTPG 方法分析

2.1 系统概述

本文所研究的 BSM 系统组成如图 1 所示,包括对地静止轨道通信卫星、用户终端、信关站和网控中心等网络实体,卫星具有多点波束和基带交换功能。为便于研究,本文假设星上采用异步传输模式(Asynchronous Transfer Mode, ATM)的交换方式,所有业务和信令都以 ATM 信元为基本的传输交换单元。用户链路上行采用多频时分多址接入(Multiple Frequency-Time Division Multiple Access, MF-TDMA)体制,下行行为统计复用的广播模式,馈电链路上下行均为时分多路复用(Time Division Multiplex, TDM)方式。

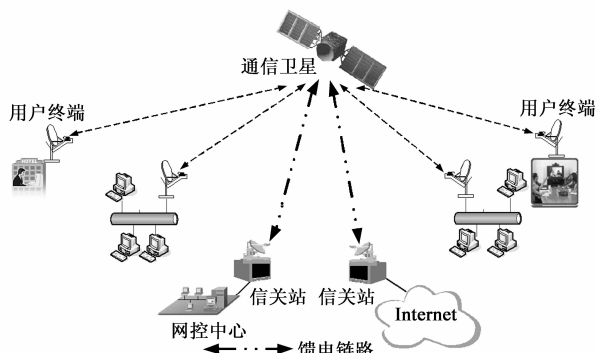


图1 BSM系统组成

2.2 BoD 过程及参数定义

结合相关研究^[9~11],图 2 给出了 BoD 的一般时序模型,该模型基于以下前提:

(1)系统带宽分配周期(Bandwidth Allocation Period, BAP)与带宽请求周期(Bandwidth Requirement Period, BRP)相同,均为帧长;

(2)带宽请求(Bandwidth Request, BR)以捎带方式和业务信息一同发送;

(3)用户终端的收发时间同步均以卫星为基准点;

(4)带宽分配单元位于星上。

BoD 的具体工作过程如下:

步骤 1 在 t_1 时刻,位于用户终端的带宽管理代理按照带宽需求估计(Bandwidth Requirement Estimate, BRE)算法生成带宽请求 BR(1),发送至带宽分配单元;

步骤 2 经过一个星地传播时延(RTT/2)后,该请求于 t_2 时刻(位于第 k 帧)到达带宽分配单元,随机等待一段时间后,在 t_3 时刻带宽分配算法启动,在 t_4 时刻,包含有 BR(1)带宽分配信息的 BTP(1)从星上下发;

步骤 3 再经过一个星地传播时延(RTT/2),在 t_5 时刻,该 BTP 到达位于终端的带宽管理代理,带宽管理代理解析出 BTP 中有关本终端突发发送的相关信息,其中包括载波、时隙位置和突发传输参数等,然后根据星地传播时延反推本地发送时刻(在图 2 中为 t_6 时刻)并进行发送准备;

步骤 4 在 t_6 时刻,位于终端处的带宽管理代理再次按照 BRE 算法进行带宽需求估计,生成带宽请求 BR(i),该请求以捎带方式与业务一起,按照前一个 BTP 的指示进行突发发送。

在采用 P-BTPG 方法的 BoD 过程中,BAP 和带宽分配时延(Bandwidth Allocation Latency, BAL)是影响 BoD 性能的重要参数,下面进行简要介绍。

BAP:采用 P-BTPG 方法的带宽分配算法大都是周期性间歇启动的^[12,13],BAP 为连续两次带宽分配算法启动的时间间隔,该值与 BTP 的生成周期相同。

为了便于实现,大多数 BSM 系统将 BAP 设置为帧长(或超帧长),但各系统的帧长(或超帧长)差异较大,例如目前致力于基于卫星回传链路的数字视频广播系统(Digital Video Broadcast-Return Channel via Satellite, DVB-RCS)标准化的非盈利组织 Satlab 建议 DVB-RCS 系统的超帧长度范围为 25 ~ 750ms^[14]。然而作为影响 BoD 性能的主要参数之一,BAP 的选取需要进行精心设计,主要考虑以下两个原则:

(1)系统带宽动态响应能力:对于承载业务强度高动态变化的 BSM 系统来说,该指标十分重要,在 2.3 节中进行了分析;

(2)信令效率:信令包括为支持系统中业务高效传

输而定义的各种控制信息,本文主要关注的是传输带宽分配信息的 BTP 信令,频繁下发的 BTP 信令会占用大量的带宽资源,因此设计 BAP 时应保证 BTP 信令开销在一定范围内.

BAL:如图 2 所示,BAL 为时隙所在位置时刻(t_7)与对应 BTP 信令下发时刻(t_4)之间的间隔.在对于每个分配时隙来说,BAL 有可能不同,BAL 的设计应考虑以下限制条件:

(1)应大于卫星波束覆盖区内星地往返传播时延最大值与发送准备时延之和,以确保所有终端收到 BTP 后能够有充足的时间进行发送准备;

(2)应尽量小以减小 SRL;

(3)对于 P-BTPG 方法,为便于实现,BAL 应与 BAP 成整数倍关系^[11].

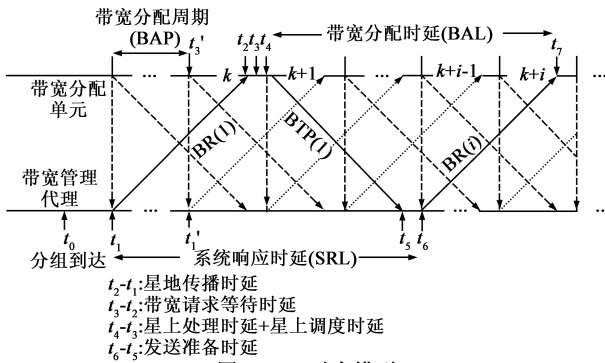


图2 BoD时序模型

2.3 系统带宽动态响应能力分析

由于 BSM 系统主要承载带宽需求动态变化的多媒体业务,因此系统带宽动态响应能力是衡量系统性能的重要指标,该能力反映了 BSM 系统对于用户终端带宽请求或请求变化的响应速度,在此定义为系统响应时延(System Response Latency, SRL)^[10],表 1 给出了相关参数的定义.从图 2 中可以看出,SRL 是指从用户终端发送带宽请求到获得相应时隙资源进行发送所经历的时间长度($t_6 - t_1$),根据图 2 可以得出 SRL 表达式如下:

$$\begin{aligned} T_{SRL} &= T_{RTT}/2 + D_{rw} + D_{op} + D_{sp} + T_{RTT}/2 + D_{tp} \\ &= T_{RTT}/2 + D_{rw} + D_{op} + D_{sp} + T_{BAL} - T_{RTT}/2 \\ &= D_{rw} + D_{op} + D_{sp} + T_{BAL} \end{aligned} \quad (1)$$

从式(1)可以看出,在 D_{op} 和 D_{sp} 为固定值的前提下,SRL(T_{SRL})与带宽请求等待时延(D_{rw})和 BAL(T_{BAL})有关.采用 P-BTPG 方法,在带宽请求到达为均匀分布的前提下,带宽请求时延的期望值应为 BAP 的 1/2^[12]:

$$E(D_{rw}) = T_{P-BAP}/2 \quad (2)$$

基于 2.2 节的假设:

$$T_{P-BAP} = D_{uframe} \quad (3)$$

从式(2)中可以看出,采用 P-BTPG 方法,带宽请求

等待时延(D_{rw})与 BAP(T_{P-BAP})成正比.

表 1 参数定义

参数名称	符号表示
系统响应时延(SRL)	T_{SRL}
带宽分配周期(BAP)	T_{BAP}
带宽分配时延(BAL)	T_{BAL}
带宽请求等待时延	D_{rw}
星上处理时延	D_{op}
星上调度时延	D_{sp}
终端发送准备时延	D_{tp}
星地往返传播时延	T_{RTT}
星地往返传播时延最大值	T_{RTT_max}
上行链路帧长度	D_{uframe}
上行链路时隙长度	D_{uslot}
带宽分配周期(P-BTPG)	T_{P-BAP}
带宽分配周期(O-BTPG)	T_{O-BAP}
第 k 个时隙的 BAL(P-BTPG)	T_{P-BAL}^k
各个时隙的 BAL(O-BTPG)	T_{O-BAL}
第 k 个时隙的 BAL(A-BTPG)	T_{A-BAL}^k
带宽分配长度(A-BTPG)	l_{sch}
下次带宽分配时刻(A-BTPG)	T_{A-next}
当前带宽分配时刻(A-BTPG)	T_{A-curr}
带宽分配间隔(A-BTPG)	$T_{A-intval}$

图 3 给出了采用 P-BTPG 方法后各时隙 BAL 之间的关系,从图中可以看出,BTP 信令 $B(n)$ 中包含了上行链路第 m 帧中所有时隙的分配信息,对于第 m 帧中的每个时隙来说,其 BAL 都不相同,考虑到 2.2 节中 BAL 的限制条件,第 m 帧中第 1 个时隙的分配时延(称为初始分配时延)为:

$$T_{P-BAL}^1 = \lceil (T_{RTT_max} + D_{tp}) / T_{P-BAP} \rceil \times T_{P-BAP} \quad (4)$$

第 k 个时隙的 BAL 为:

$$T_{P-BAL}^k = T_{P-BAL}^1 + (k - 1) \times D_{uslot}, k = (1, \lceil T_{P-BAP} / D_{uslot} \rceil) \quad (5)$$

从式(5)可以看出采用 P-BTPG 方法,各时隙的分配时延(T_{P-BAL}^k)与初始分配时延(T_{P-BAL}^1)及 BAP(T_{P-BAP})有

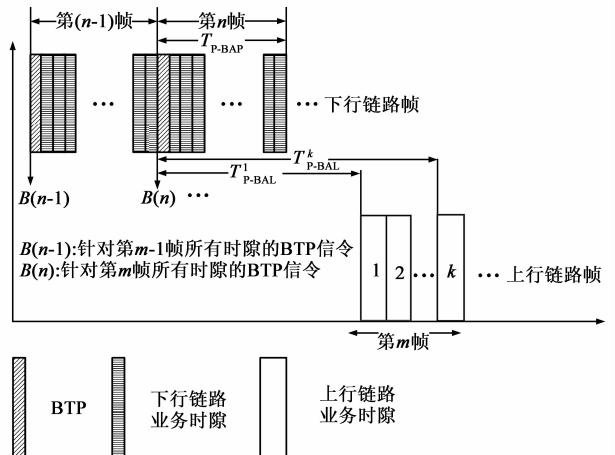


图3 P-BTPG方法BAL分析

关,BAP越大,帧中各时隙的BAL越大.因此采用P-BTPG方法,SRL对BAP和BAL的取值敏感,为了使SRL达到最优,需对BAP和BAL的值进行优化选取.

3 改进的BTP生成方法

3.1 O-BTPG方法

从2.3节的分析可知,SRL可以通过优化BAP和BAL的取值达到最优,在此将使SRL达到最优值的方法称为最优BTP生成(O-BTPG)方法.对于采用MF-TDMA的BSM系统来说,带宽分配的最小单位是时隙,因此BAP最优值应为上行链路时隙长度:

$$T_{O-BAP} = D_{uslot} \quad (6)$$

从式(3)和式(6)可得:

$$T_{P-BAP} \geq T_{O-BAP} \quad (7)$$

图4给出了O-BTPG方法示意,从图中可以看出,系统针对每个时隙都下发一个BTP,从而使每个时隙的BAL值都能达到最优.结合式(4)可得采用O-BTPG方法后各时隙的BAL为:

$$T_{O-BAL} = \lceil (T_{RTT_max} + D_{tp}) / T_{O-BAP} \rceil \times T_{O-BAP} \quad (8)$$

从式(5)和式(8)中可得:

$$T_{P-BAL}^k \geq T_{O-BAL}, k \geq 1 \quad (9)$$

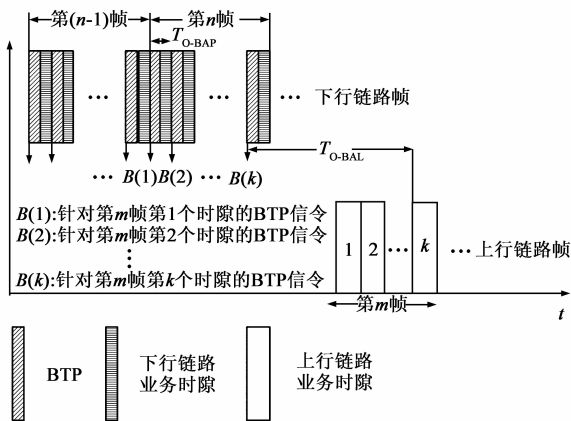


图4 O-BTPG方法BAL分析

3.2 A-BTPG方法

从图4可以看出,O-BTPG实际上是P-BTPG的一种极限情况,通过优化BAL提高了系统的带宽动态响应能力,但每个时隙都需要专门的BTP信令,导致BTP信令开销过大.实际上,P-BTPG方法源自采用TDMA体制的透明转发卫星通信系统^[15].在这类系统中,BTP由一个地面参考站发送.为了便于同步,该BTP通常位于帧头的参考突发并进行周期性的发送.但对于带宽分配单元位于星上且采用基带交换的BSM系统,其星载交换结构如图5所示,带宽分配单元可以将BTP灵活的插入至下行广播流.为了降低BTP信令开销,在此提出一种异步BTP生成(A-BTPG)方法,该方法可利用星上处理的灵活性,以异步方式生成BTP,A-BTPG需要达到以

下目标:

- (1)控制BTP信令开销;
- (2)满足BAL的限制条件;
- (3)保证上行链路带宽利用率;
- (4)提高系统处理带宽请求的灵活性.

与P-BTPG和O-BTPG方法周期性生成BTP不同,A-BTPG是根据带宽需求情况非周期性生成BTP,BTP的生成取决于两个关键参数:一是带宽分配长度(l_{sch}),二是带宽分配时刻(T_{A-next}).

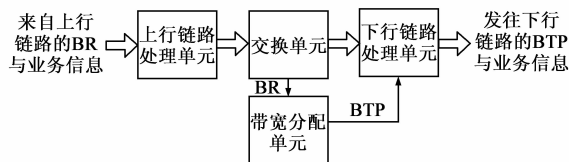


图5 支持A-BTPG方法的星载交换结构

3.2.1 带宽分配长度选择

带宽分配长度 l_{sch} 指每次BTP生成时所分配的时隙在时域上所占的长度.该值一方面会影响带宽请求的等待时延,另一方面会影响BTP信令开销.假设由于 l_{sch} 造成带宽请求等待时延的开销为 $C_{waiting}(l_{sch})$,则 $C_{waiting}(l_{sch})$ 可由下式表示:

$$C_{waiting}(l_{sch}) = \begin{cases} c_w \frac{l_{sch}}{2}, & 0 < l_{sch} \leq l_{max} \\ \infty, & l_{sch} > l_{max} \end{cases} \quad (10)$$

其中 l_{max} 为实际系统对带宽请求等待时延的限制, c_w 为等待时延代价权重系数.

假设由于 l_{sch} 造成BTP信令开销为 $C_{btp}(l_{sch})$,则 $C_{btp}(l_{sch})$ 可由下式表示:

$$C_{btp}(l_{sch}) = \begin{cases} c_b \frac{S}{S + R \times l_{sch}}, & 0 < l_{sch} \leq \frac{S - S \times P_{max}\%}{R \times P_{max}\%} \\ 0, & l_{sch} > \frac{S - S \times P_{max}\%}{R \times P_{max}\%} \end{cases} \quad (11)$$

其中 S 为BTP信令开销, R 为带宽需求总量(速率形式), $P_{max}\%$ 为每次带宽分配BTP信令开销的上限, c_b 为BTP信令开销代价权重系数. c_w 和 c_b 的取值取决于实际系统承载的业务对实时性的要求.

综合式(10)和(11),总的目标函数 $C(l_{sch})$ 可写为:

$$C(l_{sch}) = \begin{cases} c_w \frac{l_{sch}}{2} + c_b \frac{S}{S + R \times l_{sch}}, & 0 < l_{sch} < \min\left\{\frac{S - S \times P_{max}\%}{R \times P_{max}\%}, l_{max}\right\} \\ c_w \frac{l_{sch}}{2}, & \frac{S - S \times P_{max}\%}{R \times P_{max}\%} \leq l_{sch} \leq l_{max} \\ \infty, & \text{其它} \end{cases} \quad (12)$$

优化目标是通过选取最优的 l_{sch} 值,使目标函数

$C(l_{sch})$ 达到最小,考虑到时隙为最小调度单位,由式(12)可以得出最优值 l_{sch}^* 为:

$$l_{sch}^* = \begin{cases} \lceil (S - S \times P_{max} \%) / (R \times P_{max} \% \times D_{uslot}) \rceil \times D_{uslot}, & 0 < (S - S \times P_{max} \%) / (R \times P_{max} \%) \leq l_{max} \\ \lceil \min \{ (\sqrt{2RS c_b / c_w} - S) / R, l_{max} \} / D_{uslot} \rceil \times D_{uslot}, & (S - S \times P_{max} \%) / (R \times P_{max} \%) > l_{max} \end{cases} \quad (13)$$

当 $c_b > \frac{(Rl_{max} + S)^2 \times c_w}{2RS}$ 时有:

$$l_{sch}^* = \lceil l_{max} / D_{uslot} \rceil \times D_{uslot} \quad (14)$$

从式(14)中可以看出, l_{max} 为系统业务过载门限,在 $\frac{S - S \times P_{max} \%}{R \times P_{max} \%} \leq l_{max}$ 的情况下, l_{sch}^* 取决于带宽需求 R 的大小。

3.2.2 带宽分配时刻选择

带宽分配时刻决定了 BTP 生成的时间,对于 P-BTPG 和 O-BTPG 方法来说,带宽分配时刻固定在每个 BAP 的起始.对于 A-BTPG 方法来说,下一次带宽分配时刻 T_{A-next} 与当前带宽分配时刻 T_{A-curr} 和最优带宽分配长度 l_{sch}^* 有关,为了确保所有终端在收到该 BTP 后都有充足的时间进行发送准备, T_{A-next} 需满足:

$$T_{A-next} = T_{A-curr} + l_{sch}^* \quad (15)$$

前后两次带宽分配之间的间隔为:

$$T_{A-intval} = T_{A-next} - T_{A-curr} = l_{sch}^* \quad (16)$$

从式(16)可以看出,采用 A-BTPG 方法后带宽分配不再是周期性的,而是取决于前一次的带宽分配长度.进一步从式(3)、(6)和(16)可得:

$$T_{P-BAP} \geq T_{A-intval} \geq T_{O-BAP} \quad (17)$$

由于:

$$T_{A-BAL}^1 = \lceil (T_{RTT_max} + D_{tp}) / D_{uslot} \rceil \times D_{uslot} \quad (18)$$

因此:

$$T_{P-BAL}^1 \geq T_{A-BAL}^1 \geq T_{O-BAL} \quad (19)$$

由于:

$$T_{A-BAL}^k = T_{A-BAL}^1 + (q - 1) \times D_{uslot}, q = (1, \lceil T_{A-intval} / D_{uslot} \rceil) \quad (20)$$

其中 q 为每帧中第 k 个时隙在一次带宽分配中的相对序号,易知 $q \leq k$.

从式(1)、(5)、(9)、(17)和(20)可得:

$$E(T_{P-SRL}) \geq E(T_{A-SRL}) \geq E(T_{O-SRL}) \quad (21)$$

3.2.3 设计实现

根据前面的分析,采用 A-BTPG 方法的星载带宽分配单元结构如图 6 所示,由 BTP 生成控制单元、带宽分配算法执行单元、带宽请求列表更新算法单元、带宽请求列表和带宽请求队列缓存组成.其中 BTP 生成控制

单元为核心控制部分,执行流程如图 7 所示,具体如下:

步骤 1 带宽分配时刻到来, BTP 生成控制单元指示带宽请求列表更新算法单元进行带宽请求列表更新,得到当前各用户终端的带宽请求情况;

步骤 2 根据更新结果,由 BTP 生成控制单元进行过载判断,按照式(13)计算最优带宽分配长度,连同带宽请求结果一并发送至带宽分配执行单元;

步骤 3 带宽分配执行单元根据带宽请求和最优带宽分配长度进行带宽分配,更新带宽请求列表,生成 BTP 信令并下发,同时告知 BTP 生成控制单元;

步骤 4 BTP 生成控制单元根据式(15)确定下次带宽分配时刻,并回到步骤 1.

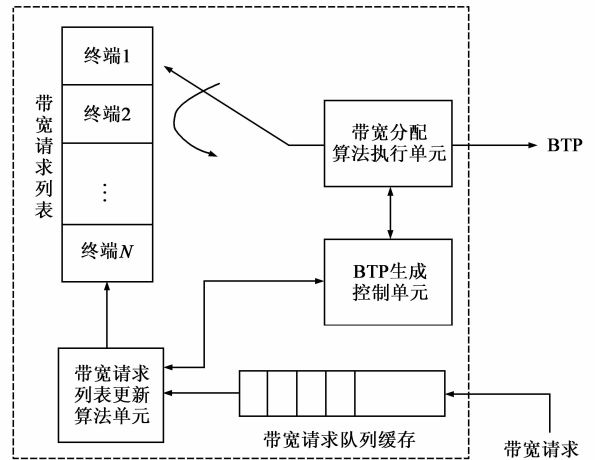


图6 采用A-BTPG方法的星载带宽分配单元结构

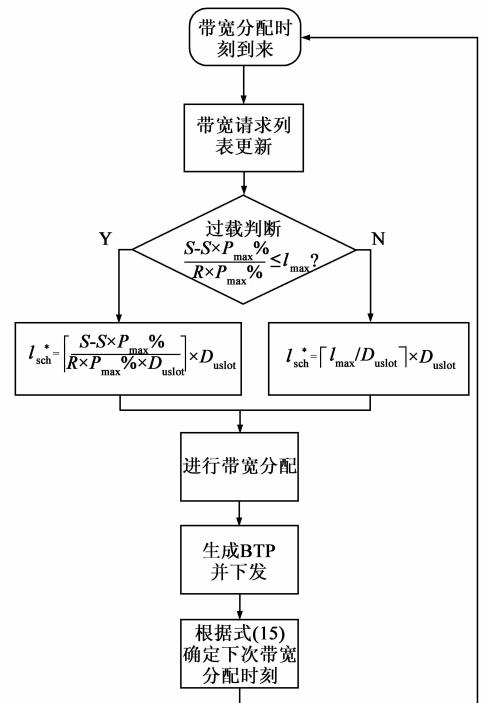


图7 A-BTPG执行流程

4 仿真与分析

4.1 仿真场景与条件

为了对各种 BTP 生成方法的性能进行分析,采用网络仿真软件 OPNET 根据 2.1 节的系统描述搭建仿真环境,衡量的指标主要包括:SRL、终端缓存队长(queue size)和 BTP 信令开销(BTP efficiency).为了便于比较,BTP 信令开销统一为 0.384s 内 BTP 信元数与下行链路传输信元总数的比例.用户终端统一采用被动式的带宽估计算法,以清空当前队列缓存为目标生成 BR,类似 DVB-RCS 系统中基于容量的动态带宽请求(Volume-Based Dynamic Capacity, VBDC)方式^[3].为了验证 BTP 生成方法的通用性,选取两种典型的带宽分配算法,仿真参数见表 2.

表 2 仿真参数

参数	取值
上行链路载波数/波束	1
下行链路载波数/波束	1
用户数/载波	16
上行链路信道基本信息速率(Mbps)	2.048
下行链路信道基本信息速率(Mbps)	8.192
上行链路传输信元数/时隙	1
下行链路传输信元数/时隙	4
上行链路时隙长度(s)	0.0001875
下行链路时隙长度(s)	0.00075
星上交换方式	ATM
P-BTPG 带宽分配周期(s)	0.384/0.192
初始分配时延(s)	0.3
BTP 信令大小(信元)/终端.次	1
带宽分配算法	CFDAMA-PB/FIFOBoD-PA
归一化信道负载	0.1 - 0.94

4.2 CFDAMA-PB 算法

联合自由/按需分配多址接入捎带请求(Combined Free/Demand Assignment Multiple Access-Piggy Backed, CF-DAMA-PB)算法最早由 Le-Ngoc 等人提出^[16],该算法根据终端带宽请求先进行带宽按需分配,再将剩余时隙进行自由分配.目前商用 DVB-RCS 系统的带宽分配算法大都以该算法为基础.仿真结果如图 8 所示.在 SRL 及终端缓存队长方面,两种 BAP 不同的 P-BTPG 方法相比,BAP 越长,性能越差,由此可见 P-BTPG 方法对 BAP 的取值是敏感的,与第 2.3 节的分析结论相同,A-BTPG 方法与 O-BTPG 方法性能接近,且明显优于 P-BTPG 算法,一定程度上验证了式(21)的正确性.在 BTP 信令开销方面,由于 O-BTPG 针对每个时隙都下发 BTP,其信令开销固定在 25%,而其它三种方法随业务负载的增加 BTP 信令开销都呈下降趋势,这是由于用户终端带宽请求值的不断增大,时隙总数不变的情况下每个 BTP 信令所能分配的时隙数增加,BTP 信令数目也就相应减

少.相比之下,A-BTPG 的 BTP 开销略大于 P-BTPG,但最大不超过 1%.

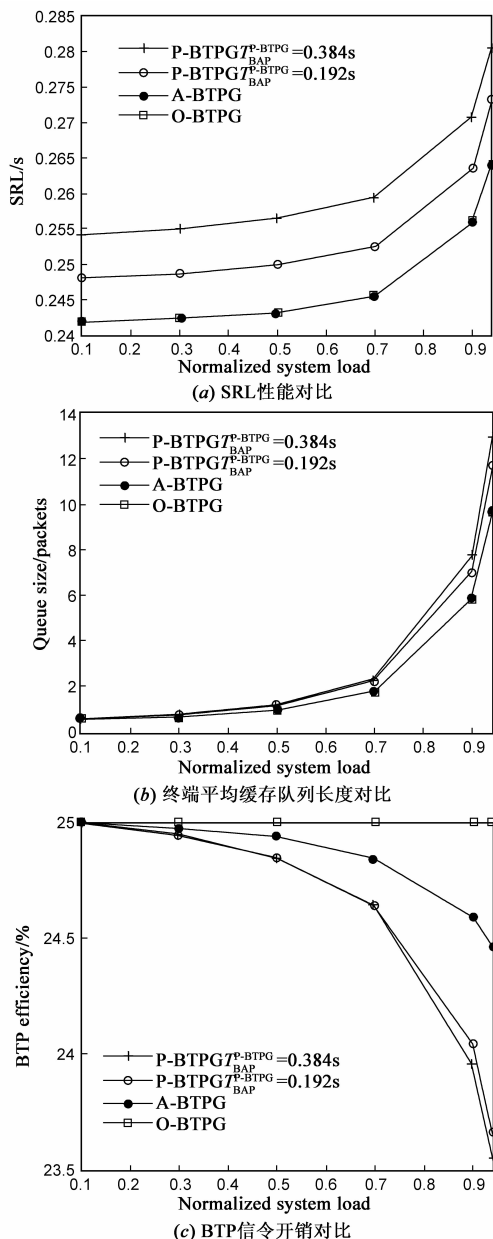


图8 采用CFDAMA-PB算法的不同BTP生成方法性能对比

4.3 FIFOBoD-PA 算法

与 CFDAMA-PB 算法不同,先来先服务按需联合预分配(First In First Out Bandwidth on Demand Pre-Assignment, FIFOBoD-PA)算法仅根据带宽请求进行按需分配,对剩余时隙不进行处理,除此之外,该协议采用预分配(PA)的方式为每个用户终端固定保证一定的带宽.从仿真结果中可以看出:在系统带宽动态响应能力方面,得到的结论与 CFDAMA-PB 协议类似,可见 A-BTPG 方法具有一定的通用性.在 BTP 信令开销方面,由于不存在自由分配,因此各种 BTP 生成方式的信令开销相对

CFDAMA-PB 来说大大降低. 相比之下, P-BTPG 方法信令开销较小, O-BTPG 方法 BTP 信令开销随着负载的增加不断增大, 这主要是由于 O-BTPG 针对每个分配的时隙都下发 BTP, 分配的时隙越多, BTP 开销也就越大, 对于 A-BTPG 方法来说, 在中低业务负载条件下, 由于各用户终端带宽请求相对较小, 因此随着负载的增加, BTP 信令开销不断增大, 但当负载超过 0.7 之后, 由于单个终端的带宽请求增大, 在时隙总数不变的情况下每个 BTP 信令所能分配的时隙数目增加, 因此 BTP 开销也呈下降趋势.

综合看来, 无论选取何种带宽分配算法, 采用 O-BTPG 方法后系统带宽动态响应能力是最好的, 但与此同时带来的 BTP 开销也最大. A-BTPG 能够在控制 BTP

信令开销的同时使系统带宽动态响应能力优于 P-BTPG. 在实际系统中, 可以通过改变权重系数 c_w 和 c_b 的取值, 在 BTP 信令开销和系统带宽动态响应能力之间实现灵活折衷.

5 结束语

A-BTPG 方法通过优化带宽分配长度和带宽分配时刻, 能够在保证 BTP 信令开销的前提下提升系统的带宽动态响应能力, 适合带宽需求高度动态变化的 BSM 系统, 本文的分析主要基于链路层, 不同 BTP 生成方法对于应用层和运输层协议(如 HTTP、TCP 等)性能的影响与分析是下一步研究的方向.

参考文献

- [1] 冯少栋, 李广侠, 张更新. 全球宽带多媒体卫星通信系统发展现状(上)[J]. 卫星与网络, 2010(1): 57-61.
Feng Shao-dong, Li Guang-xia, Zhang Geng-xin. Global broadband multimedia satellite system development(part1)[J]. Satellite & Networks, 2010(1): 57-61. (in Chinese)
- [2] 冯少栋, 李广侠, 张更新. 全球宽带多媒体卫星通信系统发展现状(下)[J]. 卫星与网络, 2010(3): 60-63.
Feng Shao-dong, Li Guang-xia, Zhang Geng-xin. Global broadband multimedia satellite system development. (part2)[J]. Satellite & Networks, 2010(3): 60-63. (in Chinese)
- [3] ETSI EN 301 790 V1.5.1, Digital Video Broadcasting(DVB); Interaction Channel for Satellite Distribution Systems[S]. 2009.
- [4] Diaz Del Rio J, Del Rio Herrero O, Fernandez Veiga M A. Dynamic cross-layer architecture for QoS provisioning of multimedia services on all-IP based adaptive satellite networks[A]. Proc IWSSC 2009[C]. Siena-Tuscany, Italy: IEEE Press, 2009. 364-368.
- [5] Chai W K, Karaliopoulos M, Pavlou G. Providing proportional TCP performance by fixed-point approximations over bandwidth on demand satellite networks[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2009, 8(7): 3554-3565.
- [6] Bracciali S, Fantacci R, Pecorella T, et al. Proactive vs. reactive DVB-RCS terminal using ACM Techniques[A]. Proc IEEE ICC2008[C]. Beijing China: IEEE Press, 2008. 1881-1885.
- [7] 秦勇, 张军, 张涛. TDMA 时隙分配对业务时延性能的影响分析[J]. 电子学报, 2009, 37(10): 2277-2283.
Qin Yong, Zhang Jun, Zhang Tao. Effect of TDMA time slot assignment on traffic delay[J]. Acta Electronica Sinica, 2009, 37(10): 2277-2283. (in Chinese)
- [8] Celandroni N, Davoli F, Ferro E, et al. Networking with multi-service GEO satellites: cross-layer approaches for bandwidth allocation[J]. International Journal of Satellite Communications and Networking, 2006, 24(5): 387-403.

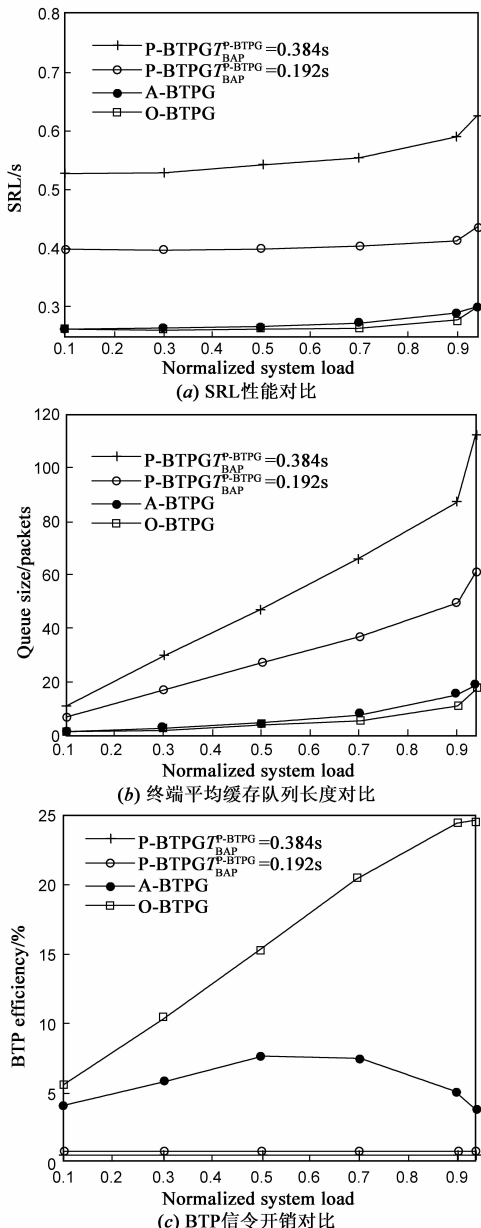


图9 采用FIFOBoD-PA算法的不同BTP生成方法性能对比

- [9] Karaliopoulos M. Support of Elastic TCP Traffic over Broadband Geostationary Satellite Networks[D]. Guildford: University of Surrey, 2004.
- [10] Karaliopoulos M, Tafazolli R, Evans B G. Providing differentiated service to TCP flows over bandwidth on demand geostationary satellite networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2004, 22(2): 333 – 347.
- [11] Chai W K, Karaliopoulos M, Pavlou G. Scheduling for proportional differentiated service provision in geostationary bandwidth on demand satellite networks[A]. Proc IEEE GLOBAL-COM 2005[C]. Louis, Missouri, USA: IEEE Press, 2005. 3722 – 3727.
- [12] Kim D, Park D H, Lee K D, et al. Minimum length transmission scheduling of return channels for multicode MF-TDMA satellite interactive terminals[J]. 2005, 54(5): 1854 – 1862.
- [13] Gotta A, Potortì F, Secchi R. Simulating dynamic bandwidth allocation on satellite links[A]. Proc WNS2'06[C]. Pisa, Italy: ACM press, 2006.
- [14] Satlab. SatLabs System Recommendations Part 1-General Specifications[R]. Netherlands: Satlabs Group, 2006.
- [15] Celandroni N, Secchi R. Suitability of DAMA and contention-based satellite access schemes for TCP traffic in mobile DVB-RCS[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2009, 58(4): 1836 – 1845.
- [16] Le-Ngoc T, Mohammed J I. Performance analysis of CF-DAMA-PB protocol for packet satellite communications[J].

IEEE Transactions on Communications, 1998, 46(9): 1206 – 1214.

作者简介



冯少栋 男, 1981 年出生, 河南安阳人, 博士. 主要研究方向为宽带卫星通信系统与关键技术.

E-mail: fengshaodong1981@163.com



李广侠 男, 1964 年出生, 浙江永康人, 解放军理工大学通信工程学院卫星通信重点实验室教授, 博士生导师. 主要研究方向为卫星通信.

张更新 男, 1967 年出生, 浙江平湖人, 解放军理工大学通信工程学院卫星通信重点实验室教授, 博士生导师. 主要研究方向为卫星通信.

边东明 男, 1975 年出生, 山东郓城人, 解放军理工大学通信工程学院卫星通信重点实验室副教授, 硕士生导师. 主要研究方向为卫星通信.