

具有光电混合交换能力的星上信令 设计与处理方法

李静玲, 黎 军, 梁 薇, 张 怡, 崔 涛

(中国空间技术研究院 西安分院 空间微波技术重点实验室, 陕西 西安 710100)

摘 要: 提出基于光信令和分组资源预留信令消息的一体化信令格式, 简化星地/星星协议流程, 并通过一体化信令的输入和输出端口信息分别建立输入和输出可用路径集, 综合交换网络可用路径资源, 采用负载均衡的方法统一计算可用路径权值, 获得最优光电异构路径, 从而可有效平衡卫星中的光电交换路径负载。仿真结果表明, 其在平衡光电异构负载和路径一致性方面优于单一信令, 适用于具有光电混合交换能力的卫星中。

关键词: 卫星信令; 光电混合交换; 异构路径; 负载均衡

中图分类号: TN927.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2018)06-0112-05

Design and Processing Method of Satellite Signaling with a Mixed Optical/Electric Switching Capability

LI Jing-ling, LI Jun, LIANG Wei, ZHANG Yi, CUI Tao

(National Key Laboratory of Science and Technology on Space Microwave,
China Academy of Space Technology (Xi'an), Xi'an 710100, China)

Abstract: An integrated signaling scheme based on optical signaling and RSVP signaling is proposed, the satellite-ground/satellite-satellite protocol flow is simplified, and the input and output available path sets are established by the input and output port information of the integrated signaling. Through integrating switching network available path resources, the use of load balancing method to calculate the available path weights, so as to obtain the optimal optical/electric heterogeneous path, which can effectively balance the optical/electric switching path load in the satellite. The simulation results show that the integrated signaling is superior to single signaling in terms of balanced optical/electric heterogeneous load and path consistency, and is suitable for satellites with optical/electric hybrid exchange capacity.

Key words: satellite signaling; mixed optical/electric switching; heterogeneous path; load balancing

1 引言

空间信息网络既需要激光通信的大容量、强抗干扰能力, 又需要微波通信的宽波束、易接入能力的特性^[1], 要求卫星节点需要具备光电混合的交换能力^[2,3], 使光/电等异质异构信息不仅能够进行动态高效交换, 且能够进行跨层跨业务一体化管控, 完成异构信息的有效协同、传输和汇聚。

对于具有光电混合交换能力的卫星节点, 当需要光业务输出到电端口或者电业务输出到光端口, 其交换路径可能由不同光内部交换路径与电(分组)内部交换路径进行组合, 仅靠光信令或电(分组)资源预留信令等任何单一形式信令或其简单组合, 无法综合考虑当前光/电路径及交换资源的可用情况, 从而导致选择不合理的光电异构交换路径, 使交换网络路径负载不均衡, 造成部分路径利用率过低, 甚

至导致路径拥塞。

提出可生成光电异构交换路径的一体化信令处理方法。

2 卫星光电异构交换结构

如图 1 所示为一种可用于星上的光电异构交换结构^[4],由光交换矩阵和电交换矩阵组成,具有光交换能力、分组交换能力和光/分组异构交换能力。其交换功能简述如下:

- (1)卫星接收来自地面或其他卫星源端的光业务,通过光交换矩阵完成光交换功能,将该业务转发至其他卫星或地面节点;
- (2)卫星接收来自地面或其他卫星源端的电分组业务,通过电交换矩阵完成电交换功能,将该业务转发至其他卫星或地面节点;
- (3)卫星接收来自地面或其他卫星源端的光业务,通过光交换矩阵、光电转换模块和电交换矩阵,将 1 路光业务交换到为多路电端口,输出至其他卫星或地面节点;
- (4)卫星接收来自地面或其他卫星多个源端的电业务,通过电交换矩阵、电光转换模块和光交换矩阵,将多路电业务交换到 1 路光端口,输出至其他卫星或地面节点。

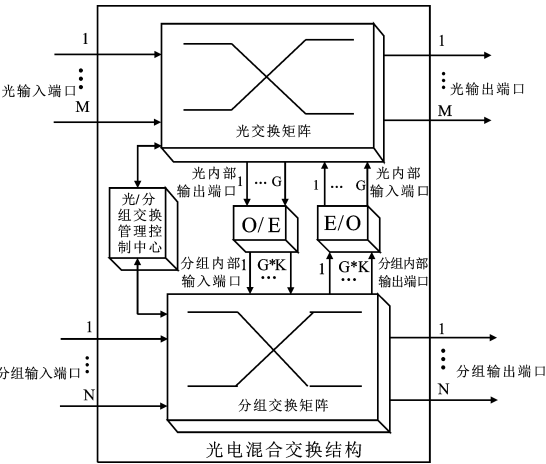


图 1 卫星光电异构交换结构示意图

3 星上光电一体化信令

3.1 一体化信令设计

将卫星节点内的光电异构交换路径看做不同异构交换路径集合,即光电异构交换路径集为 $\{P_o, P_e\}$,其中, P_o 为光路径子集, $P_o = \{g_1, \dots, g_y\}, 1 \leq y \leq G, G$ 为光内部端口数; P_e 为分组路径子集, $P_e = \{l_1, \dots, l_x\}, 1 \leq x \leq K, K$ 为分

组内部端口数,在确定输入与输出端口异构的前提下,采用信令捆绑机制进行资源请求。

在信令捆绑机制中,需对信令标签请求信息格式进行修正,其中发起业务(光/分组)类型做为信令消息 1,目的业务类型作为信令消息 2,两类信令消息按顺序统一嵌套在 IP 数据报中。信令格式如图 2 所示。

由于 IP 数据报中嵌套两类信令消息,因此需对标准 IP 报文首部进行简单修改,图 3 给出修改后的 IP 报文首部消息格式,将首部标志位第一个比特位设置为异构交换标志位 F(1bit),若 F 位标记为“1”,则表明该信令请求建立光/分组之间的异构交换路径,该信令采用捆绑信令方式;若 F 为“0”,则表明该信令请求建立光交换路径/分组交换路径,该信令请求为单一类型(光/分组)信令方式。当异构交换标志位 F 为“1”时,需增加信令消息 1 长度信息(4bytes)标识位;当异构交换标志位 F 为“0”时,信令消息长度即为 IP 报文总长度减去 IP 首部长度,不需要额外增加标识位。

3.2 一体化信令协议流程

参考 ATM/IP 信令及光信令协议流程^[5-9],针对地面/卫星终端与单个卫星终端等多个节点之间的协议交互,提出图 3 所示一体化信令协议流程,主要包括信令请求建立及拆除交互流程和信令请求建立失败流程,既可满足节点之间链路的建立及拆除需求,又可简化信令流程,减少星地交互,提高星地/星星链路建立效率,具体说明如下。

(1)信令请求建立及拆除交互流程

①地面/卫星发起端将光信令建链消息与分组资源预留路径消息进行捆绑,其格式如图 2 所示,根据分组业务要求,生成捆绑信令 Path 消息,向星上发起请求;

②星上光电交换机收到捆绑信令 Path 消息请求后,根据该消息请求及星上光/分组可用链路及网络资源状态,判断是否接受该信令请求;

③星上光电交换机接受 path 消息请求,生成 Resv 消息,告知发起端预留成功。星上交换机根据一定处理方法生成满足负载均衡准则的异构交换路径(详见本文第 3 节),同时分配/预留星上光/分组链路及交换资源;

④发起端收到预留成功消息后,开始向星上发送待交换的光/分组业务数据;

⑤星上接收光/分组业务数据,通过星上光电交换机完成光/分组业务信息交换;

路光一>多路分组;②多路光一>多路分组;③多路分组一>1路光;④多路分组一>多路光.下面针对情况①中光电异构信息交换路径生成过程进行详细说明,其他情况方法类似,不进行详细说明.

(1)星上建立光/电异构信息交换路径可用资源表,记录当前光路径和分组路径的可用资源情况,其中光交换资源包括:光交换矩阵输入/输出端口(包括内部端口及外部端口)使用情况、不同光交换结构中可调用的光交换资源,如光波长交换中可使用的波长 λ ,光交叉矩阵中可使用的矩阵开关等.电交换资源包括:电交换矩阵输入/输出端口(包括内部端口及外部端口)使用情况、不同电交换结构中可调用的电交换资源,如多级 clos 交换结构中可使用的开关、共享存储交换结构中可使用的缓存队列等;

(2)当卫星接收到信令路径请求消息后,星上光电交换机判断一体化信令的异构交换标志位 F 是否为“1”.若 F 不为“1”,则该信令为光配置信令请求或分组资源预留请求,执行相应光信令或分组资源预留请求处理流程;

(3)若一体化信令的异构交换标志位 F 为“1”,则分别进行两步判断:首先根据交换输入端口信息及当前光路可用资源情况,判断是否有满足所需光路径资源的光转发路径;同时根据交换输出端口信息及当前分组交换路径可用资源情况,判断是否有满足所需分组路径资源的分组转发路径.若任一种路径资源不满足业务需求,则返回预留请求,并告知配置/预留失败原因;

(4)若当前光/分组路径可用资源情况满足业务需求,分别生成可用光交换路径集:

$P_o = \{g_1, \dots, g_y\}, 1 \leq y \leq G$, 其中 y 为可用光转发路径个数,其最大值为 G , G 为光交换路径总数;可用分组交换路径集: $P_e = \{(l_1, \dots, l_n)_1, \dots, (l_x, \dots, l_{n+x-1})_x\}, 1 \leq x \leq C_k^n$, 其中 x 为可用分组组合路径个数,其最大值为 C_k^n , 即从分组交换路径综述 K 中取出 n 个路径的组合个数;

(5)根据可用光交换路径集与可用分组交换路径集,得到光到分组的异构信息交换路径集:

$$P_{oe} = \{P_o(g_y), P_e((l_x, \dots, l_{n+x-1})_x)\},$$

其中 $1 \leq y \leq G, 1 \leq x \leq C_k^n$;

(6)结合文献[10]所述基于路径负载均衡的路由方法,计算路径集 P_{oe} 中不同异构路径权值,选择路径权值最大的路径为所得到的最优光电交换路径 LP_{oe} ;

(7)预留所选取路径中的相应光/分组所需路

径资源,生成 RESV 消息,告知发起端路径建立,同时更新星上光电交换机中光/分组路径可用资源信息.

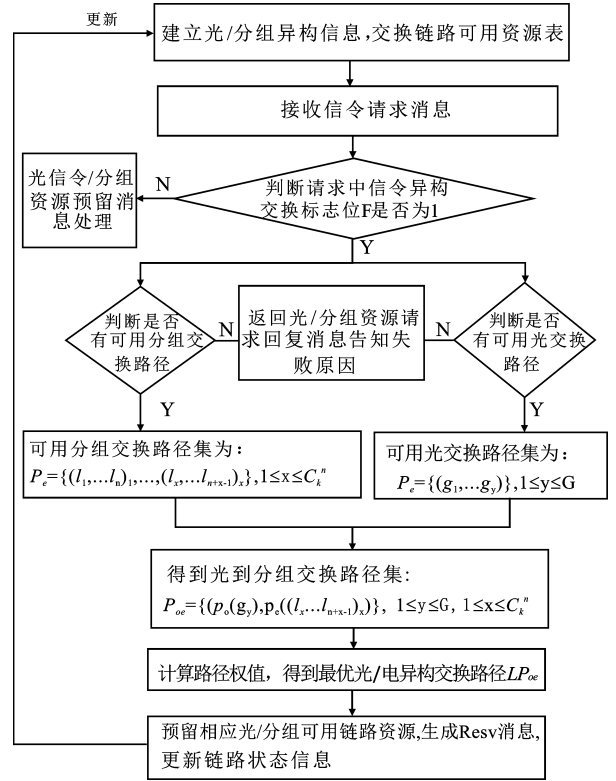


图5 光电一体化信令处理流程

5 光电异构交换负载均衡性能分析

仿真采用的星上光电交换结构如图1所示,包含 4×4 端口光交换矩阵, 16×16 端口分组交换矩阵, 2路光内部端口, 8路电内部端口, 其中1路光信号可转换为4路电信号.在增加业务模式下,即当一个业务连接建立后,就一直占用路径资源,而不会被释放,采用相同的负载均衡路由算法^[10],比较了基于光电一体化信令和基于光电独立信令两种情况下的交换网络负载平衡度(LBD).LBD表示路径业务负载的均衡情况,网络中各路径资源使用的统计方差能体现路径负载的平衡程度,定义 $LBD = \frac{1}{|L|-1} \sum_{l \in L} (\omega(l) - \bar{\omega})^2$. 其中 L 是交换网络的路径集, $|L|$ 为全网路径总数, $\omega(l)$ 为当前路径可用资源数, $\bar{\omega} = \sum_{l \in L} \omega(l) / |L|$ 为各路径平均使用资源数.较小的LBD说明该方法能更有效的将光电业务分布在所有的路径上.为了比较光电交换网络在不同业务负载情况下的LBD,共发送0~120个业务请求,仿真结果如图6所示.

图 6 为基于光电一体化信令和独立信令下所测量的网络负载平衡度,可以看到,基于光电单独信令的网络负载平衡度较高,即负载平衡能力较弱;基于光电一体化信令的网络负载平衡度较低,即负载平衡能力较强.

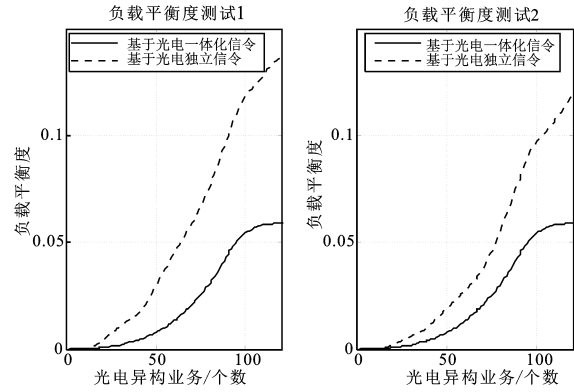


图 6 不同光电交换网络负载下的负载平衡度

原因是光电独立信令分别采用光信令和分组资源预留信令完成光电交换路径生成时,光交换路径与分组交换路径的选择是单独进行的,虽然光/分组交换路径的生成分别采用了负载均衡方法,但并没有综合考虑光交换路径对分组交换路径选择的影响,或者分组交换路径对光交换路径选择的影响,使整体光电异构交换路径的负载平衡能力较弱,且每一次的负载平衡度都无法保证一致,导致整体的光电异构交换路径的选取不具有可靠性,无法对光电交换机的整体性能进行有效控制.基于光电一体化信令方法同时考虑了光/分组路径可用资源对光电异构路径生成的影响,可以更有效平衡整网负载,提高网络路径利用率,且每一次计算得到的负载平衡度一致,有利于对光电交换机进行有效控制.

6 结束语

本文提出了一种可应用于空间信息网络的星上光电一体化信令设计及处理方法,该方法将光信令与分组资源预留消息结合起来,综合考虑当前光/电可用交换资源情况,满足星上光电混合交换的设计要求.

本文给出了光电异构信息一体化捆绑信令标签的请求格式,并提出一体化信令的协议流程以及星上一体化信令的处理方法.在增加业务模式下,重点分析了光电一体化交换在光信令与 IP 资源预留信令单独进行路由选择和光电一体化信令进行路由选

择两种模式下的网络负载平衡度,通过仿真可以看到随着网络业务的增加,采用光电一体化信令进行路由更有利于降低网络整体负载平衡度,提高星上光电混合交换系统的路径利用率.

未来工作中,拟针对光路径资源和分组路径资源异构特性,进一步优化异构路由算法.

参考文献:

[1] 吴曼青,吴巍,周彬,等. 天地一体化信息网络总体架构设想[J]. 卫星与网络,2016(3):30-36.

[2] 代坤,鲁士文. 天基综合信息网的体系结构模型[J]. 微电子学与计算机,2004,21(4):69-77.

[3] 李瑞欣,赵尚弘,玄周石,等. 通信卫星光电混合交换技术研究[J]. 光通信技术,2011,35(6):51-53.

[4] 姚明昨,张书燕,邱智亮,等. 具有星上交换能力的卫星通信网络中信令的处理方法和系统:中国,201210045556.3[P]. 2012.

[5] 姚艳军,王烁. 天地一体化信息网络中信令技术的研究[J]. 信息系统与网络,2016,46(7):1-4.

[6] 陆路,混合卫星通信网信令协议的研究与原型实现[D],西安,西安电子科技大学,2014.

[7] 王辉,张健. GMPLS 光网络中流量工程研究[J]. 微电子学与计算机,2014,31(5):67-70.

[8] Srinivasan Ramasubramanian, Arun K. Somani. MICRON-A Framework for Connection Establishment in Optical Networks[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2008, 16(2):473-485.

[9] 黄建辉,钱德沛,王胜灵. 结合集成服务、差分服务和 MPLS 实现端到端 QoS 保证[J]. 微电子学与计算机, 2006,23(4):115-121.

[10] 王楼,黄胜,阳小龙,等, WDM 网络中基于负载平衡的动态波长路由算法[J]. 通信技术, 2007, 11(40): 255-257.

作者简介:

李静玲 女,(1984-),硕士,工程师.研究方向为卫星网络交换及高速数传技术. E-mail:ljlsprit@foxmail.com.

黎 军 男,(1976-),硕士,高级工程师.研究方向为卫星网络交换.

梁 薇 女,(1986-),硕士,工程师.研究方向为卫星网络与光交换.

张 怡 女,(1981-),硕士,工程师.研究方向为卫星网络交换及高速数传技术.

崔 涛 男,(1984-),硕士,工程师.研究方向为卫星高速数传技术.