

# LOBS-HC 网络仿真平台设计与实现<sup>①</sup>

朱 强, 李 征, 张 新, 唐 苑

(中南民族大学 计算机科学学院, 武汉 430074)

**摘 要:** 概述了 LOBS-HC (labeled optical burst switch with home circuits) 技术及其网络的结构, 及其能提供带宽保证并提高波长带宽利用率特性。基于 Visual C++ 设计并实现了 LOBS-HC 网络仿真平台, 包括网络业务流的产生和汇聚、突发包的组装、HC (home circuit) 逻辑链路的建立和撤销过程的模拟。通过吞吐率、网络延时、波长利用率等性能参数对 LOBS-HC 网络进行评测。仿真结果表明, LOBS-HC 能在提供与 OCS 相同带宽保证的同时, 获得更好的网络带宽利用率。

**关键词:** 光交换; LOBS-HC; 网络模型; 逻辑链路; 波长利用率

## Design and Implementation of LOBS-HC Network Simulation Platform

ZHU Qiang, LI Zheng, ZHANG Xing, TANG Wan

(School of Computer Science, South-Central University for Nationalities, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The paper discusses the structure of the network based on LOBS-HC (labeled optical burst switching with home circuits), a newly proposed optical switching technology that can provide bandwidth guarantee and increase the utilization of wavelength bandwidth. Based on Visual C++, we design and implement a LOBS-HC based network simulation platform with some core processes, such as traffic flow generation and convergence, burst assembly, and logical HC link establishment and release. Finally, the performance of the LOBS-HC based network is evaluated in terms of throughput, delay, wavelength utilization etc. The simulation results show that LOBS-HC-based network achieves higher bandwidth utilization than the network based on OCS (optical circuit switching) with the same bandwidth guarantee.

**Key words:** optical switching; LOBS-HC; network model; logical link; wavelength utilization

全光网络的光路交换(OCS, optical circuit switching)、光突发交换(OBS, optical burst switching)等交换技术的研究已经开展了 10 余年<sup>[1]</sup>。然而, OCS 目前没有合适的光缓存器, 且存在多个分组精确同步困难、网络资源空置等问题; OBS 采用基于逐跳的路由转发方式, 计算较复杂, 高效而合理的偏置时间设置仍无法得到, 难以支持流量工程。因此, OCS 和 OBS 在未来光网络的应用还有待进一步发展。由 C.Qiao 提出的 LOBS-HC 在解决全光网络的带宽保证和波长资源高利用率等瓶颈问题取得了突破<sup>[2]</sup>, 在数据中心光交换网络中也将有极大的应用前景<sup>[3]</sup>。实现具有

LOBS-HC 特性和基本模块的网络仿真平台, 专注于网络业务流处理, 并统计网络资源的利用率及吞吐率, 并提供可简洁操作的界面, 将为探讨 LOBS-HC 网络拓扑结构、技术瓶颈等提供有效依据。

## 1 LOBS-HC

LOBS 结合了 OBS 和 OCS 的优点, 通过在源/目的节点之间建立一些可共享波长的逻辑链路来提高全光网络的带宽利用率<sup>[4]</sup>。网络业务流进入边缘节点, 拆分数据帧后分析 IP 包的信息, 加上由其目的地址与优先级等确定转发等效类(FEC, forwarding equivalence

<sup>①</sup> 基金项目:国家自然科学基金(61103248)

收稿时间:2011-11-28;收到修改稿时间:2012-01-09

class)所绑定的标签。网络业务流的传送路径由标签转发路径(LSP, label switch path)确定。

LOBS-HC 基于 LOBS, 具有相同源结点的逻辑链路能够共享相同波长, 这种逻辑链路称为 HC(home circuit), 能提供与 OCS 相同的带宽保证服务, 而 OCS 只共享同源、同目的的标签转发路径波长。LOBS-HC 中的网络业务流并不是按照已选择路径或链路切换传输, 而是采用 OBS 突发包的快速转发方式在 HC 中传输。LOBS-HC 网络中, 应用边缘节点对网络业务流的汇聚、组装、资源预留、发送突发包等过程进行完全控制, 在相同数据量传输的情况下提供了更高的带宽保证, 减少突发包传输过程中的网络延时, 提高网络吞吐量, 进而优化了网络的性能。

## 2 网络建模

### 2.1 模型构架

在仿真中, 假设网络路由节点、链路等物理设备不做变化。根据实际情况设定链路的波长使用范围, 节点缓存, 光纤中网络业务流的传播速度等等。参照骨干网设定固定的拓扑结构, 通过多优先级最短路径算法, 寻找并存储节点之间的通路。

网络业务流到达的时间间隔为  $\tau_n = t_{n+1} - t_n$ , 产生时间由泊松过程分布函数  $P(\tau_n < s) = 1 - e^{-\lambda s} (s > 0)$  [5], 给定随机事件的平均发生率计算得出到达时间间隔。应该发送的网络业务流量通过自相似流量产生器生成, 采用离散时间傅里叶变换的分形高斯噪声 (FFT-FGN, fast fourier transform-fractional Gaussian noise)方法[6]。该流量产生器主要有  $H$ 、 $M$ 、 $V$  等三个参数, 其中:  $H$  表示 Hurst 参数(表示业务流衰减程度), 设定 Hurst 数为 0.9, 表示流量强相关特性; 平均传输速率  $M$ , 指由随机生成网络带宽计算出平均传输速率;  $V$  为平均传输速率, 描述  $M$  的波动范围。

### 2.2 网络业务流发送

网络业务流发送过程如图 1。源/目的节点对之间随机产生数据包, 在边缘节点进行汇集, 并组装成突发包, 其中突发包基于固定的包长门限突发组装算法[7]。考虑到本研究的初步特性, HC 是基于网络业务流动态建立[8], 其中的控制单元光/电/光(O/E/O)转换、光交换矩阵器件的工作时间等只抽象成相应的处理延时[9]。

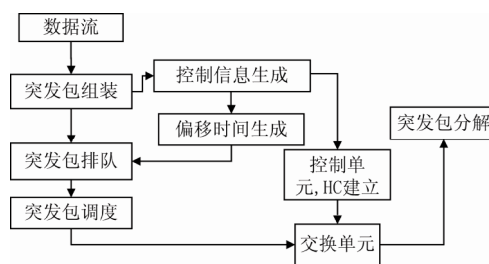


图 1 网络业务流处理过程

### 2.3 仿真流程

首先初始化网络仿真中的数据, 由泊松过程分布函数生成网络业务流到达时间。进入循环后, 再生成下一次网络业务流到达时间和本次业务流服务时间。网络业务流量发生器产生网络业务流后, 随机选定一对路由节点, 按照网络业务流的目的地地址、服务等级等信息, 对网络业务流进行生成突发数据包, 并存储到队列中。当该业务流的服务时间到达时, 对该业务流进行相应的事件处理, 并将服务时间累加处理时间, 直到该业务流的服务时间终止。当新产生一次业务流就把服务时间按顺序排到队列首。在事件调度中, 每次取出队首业务进行相应处理。具体流程见图 2。

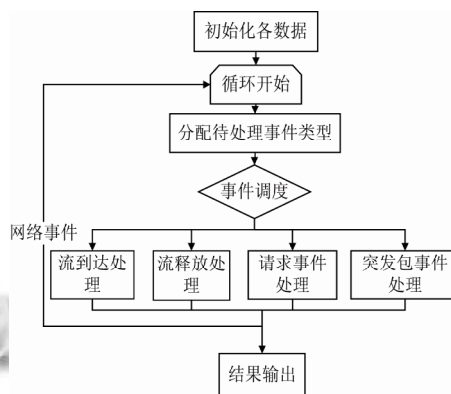


图 2 仿真流程

## 3 模型实现

### 3.1 主要数据结构

仿真平台默认选用骨干网拓扑结构, 由一个无向的二维数组表示。路由表由多优先级最短路径算法得出, 以四维数组  $G(S, D, A, H)$ 的形式记录物理距离,  $S$ 、 $D$ 、 $A$ 、 $H$  分别表示一条通路的源节点、目的节点、通路优先级、通路节点, 并由此确定源节点和目的节点间的物理距离(单位:km)。下面给出核心的数据类型:

① 网络资源类: 维护三个调度队列的数据变化, 并统一整合全局的网络资源, 如: 波长、通路、节点

缓存;

② 虚拟拓扑类: 根据 HC 建立的链接记录逻辑的光路共享;

③ HC 类: 产生网络业务流, 并记录网络业务流的传输数据和建立 HC 所用到的数据, 如: 源/目节点、信息流量、带宽容量、逻辑链路、服务持续时间等, 直到完成数据的传输;

④ 通路类: 记录链路以构成通路, 并记录使用带宽容量;

⑤ 链路类: 网络连通的最小单位, 记录源/目节点、使用的带宽容量、使用的波长、及所属通路;

⑥ 突发包类: 记录突发包组装后产生的突发包数值、源/目节点、传输中的判断;

⑦ 路由类: 根据给定拓扑结构产生并记录路由表信息;

⑧ 拓扑类: 以二维数组的形式给定拓扑结构。

### 3.2 具体流程

LOBS-HC 仿真平台首先构建全局的网络结构, 然后由网络事件进行驱动。完整网络数据传输流程步骤如下:

Step1: 仿真网络业务流到达事件并响应处理该事件

Step1.1: 由自相似模拟产生对应的网络业务流的到达量;

Step1.2: 随机产生源-目结点;

Step1.3: 泊松过程分布函数产生网络业务数据的处理服务间隔后, 将数据加入到 HC 队列中;

Step1.4: 组装突发包;

Step1.5: 先根据虚拟路由表(记录已经建立 HC 的路径)寻找可利用的 HC;

Step1.6: 如果存在源/目整条路径, 表示 HC 已经建立。将事件类型转换为发送突发包, 将参数加入到突发包队列, 转到 Step3;

Step1.7: 如果存在部分源/目路径, 将事件类型转为请求建立 HC, 记录所有数据信息, 并加入到请求队列中;

Step2: 请求建立 HC

Step2.1: 从请求队列中取出数据;

Step2.2: 通过路由表预留网络资源形成新的 HC, 如果无网络资源可用, 则增加该网络业务流一定时间的重发延时, 将数据重新压入队列, 完成本次事件;

Step2.3: 清除预留资源, 统计重建次数, 如果超

过重重建次数则 HC 建立失败, 丢弃网络业务流;

Step2.4: 记录到虚拟路由表中;

Step2.5: 将更改过的数据加入到请求队列, 重复 Step2;

Step2.6: 直到 HC 完全建立, 更新 HC 队列中的数据, 并释放请求队列中的数据。将事件类型转为发送突发包, 加入到发送突发包队列;

Step3: 发送突发包

Step3.1: 从突发包队列中取出突发包数据;

Step3.2: 根据网络业务流的划分并组装完成, 加入突发包队列, 并预留下一次发送突发包是时间;

Step3.3: 通过已经建立的 HC 直接到达目的边缘节点;

Step3.4: 如果网络业务流全部通过突发包传输完成, 释放突发包队列中的数据, 否则跳到 Step3.1;

Step4: 撤销链路

Step4.1: 取出 HC 队列中记录的数据, 对占用带宽资源进行逐步的释放操作, 检测链路中是否还有对该资源的占用, 如果不存在占用则进入 Step4.2, 否则重复 Step4.1;

Step4.2: 撤销 HC 链路, 逐条检测资源占用是否存在, 并忽略残存的资源占用, 对光波长进行释放, 跳到 Step4.1 ;

Step4.3: 释放 HC 队列中的数据, 撤销链路。

## 4 仿真结果与分析

为了方便地比较 OCS 网络及 LOBS-HC 网络的性能, 仿真平台提供了可视化设定全局网络参数的界面(如图 3)。本仿真平台能提供相同网络参数设定下的 OCS、OBS、LOBS-HC 的吞吐率、丢包率、波长使用等实验结果。

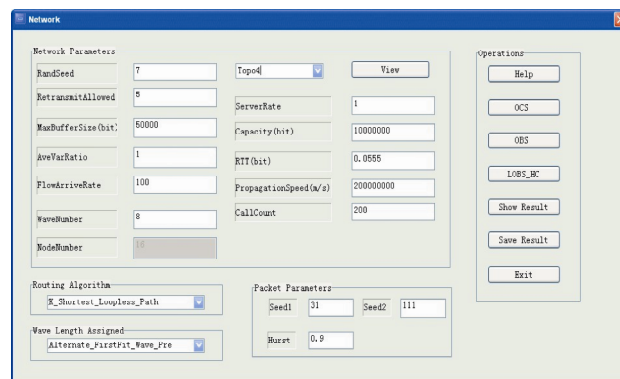


图 3 仿真平台界面

仿真平台可设定的仿真全局网络参数主要有:

**RandSeed:** 生成一对路由节点的随机数种子。**Wave Number:** 一条通路中可使用的光路数目。**Retransmit Allowed:** 出现错误包后的最大重发次数。

**maxBufferSize:** 边缘节点汇集数据可以使用的最大缓存。

**AveVarRatio:** 用于自相似网络的产生数据包。

**FlowArriveRate:** 流到达率,用于泊松函数产生网络业务时间。

**NodeNumber:** 用于输入二维数组表示的图。

**ServerRate:** 网络业务流服务率,用于泊松函数产生服务时间。

**Capacity:** 光路允许传播数据的总容量。

**PropogationSpeed:** 光纤中数据的传播速度,用于计算数据在网络中的传输时间。

**CallCount:** 网络仿真业务流次数。

该次仿真基于 NSFNET (16 个节点、25 条链路) 拓扑,网络参数采用默认值。OCS 和 HC 的波长共享的仿真结果如表 1。在相同的网络状况下,两种交换网络模型分别产生 100、200、300、400、500 次网络业务流的到达。在相同的网络业务流次数内,比较 LSP 的建立数目和 HC 的建立数目,可知 HC 在仿真过程中占用了较长的路径查找时间。而在链路的使用数目上,HC 在光路的重复利用上比 OCS 提高了近一倍。

## 5 结论

本文利用 MFC 构建了 LOBS-HC 网络仿真平台的框架,采用了 STL 的队列、链表等技术对 LOBS-HC 网络模型进行建模,为研究人员提供了一个研究仿真平台,使得分析数据变得简单,模拟过程更加方便快捷,输出结果更加清晰。仿真结果表明,在相同的网络流量发送的情况下,与 OCS 相对比,LOBS-HC 共享了更多的资源(即波长),减少了网络延时。尽管 LOBS-HC 在标准和协议方面还不成熟,有很多技术还在进一步研究之中。随着理论研究的不断成熟,LOBS-HC

技术将促进分布式处理、云计算、数据中心等技术的发展。因此,网络业务流量模式、拓扑结构等仿真情景,为 LOBS-HC 在数据中心网络等的关键技术提供研究与分析手段,推动光交换技术在云计算中的应用。

表 1 波长使用情况比较

网络业务流次数	OCS		LOBS-HC	
	LSP 建立数	波长重复利用数	HC 建立数	波长重复利用数
100	95	79	96	181
200	198	204	191	437
300	297	331	290	729
400	400	446	393	970
500	499	578	483	1255

## 参考文献

- 1 Chen Y, Qiao C, Yu X. Optical burst switching: a new area in optical networking research. IEEE Network Magazine, 2004, 18(3):16-23.
- 2 Gonzalez-Ortega MA, Qiao C, Suarez-Gonzalez A. LOBS-H: An Enhanced OBS with Wavelength Sharable Home Circuits. Cape Town, South Africa, ICC2010, 2010.1-5.
- 3 Peng L, Qiao C, Tang W, et al. A novel approach to optically switch inter-pod traffic in datacenters. Shanghai, China: IEEE INFOCOM2011 Workshop on Cloud Computing, 2011.
- 4 于金辉, 范戈. 光标签突发包交换技术. 光纤与电缆及其应用技术, 2003, (3):37-40.
- 5 李建东, 盛敏, 李红艳. 通信网络基础. 北京: 高等教育出版社, 2010.20-22.
- 6 Paxon V, Floyd S. Fast approximate synthesis of fractional Gaussian noise for generation self-similar network traffic. Computer Communication Review, 1997, 10(27):5-18.
- 7 Xiong Y, Van M. Control architecture in optical burst switched WDM networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2000, 18(10):1838-1851.
- 8 刘海霞, 王玲. 部分波长光网络中的动态波长分配算法. 光电工程, 2006, 33(7):131-133.
- 9 洪小斌, 郭宏翔, 伍剑. 面向未来的光交换网络及其器件技术. 北京: 电子工业出版社, 2011.106-134.