

基于 MLAG 的三层码分多粒度光交换系统的性能研究^①

王玉宝^{②*} 任艳菲^{③*} 孟 莹* 白 健**

(*燕山大学信息与科学工程学院 秦皇岛 066004)

(**河北建材职业技术学院基础社科教学部 秦皇岛 066004)

摘 要 在波长交换的基础上,引入光码交换,并基于光码分复用(OCDM)建立了一种三层多粒度光交叉联接(MG-OXC)系统,并给出了一种新的业务疏导算法。该体系结构能够很好地改善业务疏导,减少使用波长数量,节省消耗端口数目,因此它可以简化路由设置,优化节点业务疏导的灵活性,提高系统性能。简要介绍了三层多粒度光交换体系的结构,并在端口节省方面进行了比较。通过在多路分层辅助图表(MLAG)上对交换结构网络模型和业务疏导链路建立的分析,以及对阻塞率和吞吐量的仿真,展现了该体系的良好性能。

关键词 光码分复用(OCDM),多粒度光交叉联接(MG-OXC),多路分层辅助图表(MLAG),阻塞率,吞吐量

0 引 言

现代社会的信息化,使光传送网承载的流量剧增,业务的综合化导致光交换的交换粒度越来越细化^[1]。光传送网正面临交换时波长数目越来越大,波长交换端口数越来越多,交换管理复杂等问题^[2]。如何实现多粒度交换,降低使用的波长数,减少交换的端口数,降低交换的复杂度等,已成为光传送网亟待解决的问题^[3]。具有代表性的多粒度交换主要包括光分组交换(optical packet switching, OPS),光突发交换(optical burst switching, OBS),光波带交换(waveband switching, WBS)以及光码分复用(optical code division multiplexing)通路(OCDM-Paths)等。OPS(又称包交换)技术带宽利用率较高,可实现细粒度交换。但仍采用串行方式处理数据包,而这要求较高的缓存深度以及过程要求同步,因此在应用中受到了一定限制^[4]。光突发交换(OBS)技术灵活性较高,但交换粒度较大,国内外正

对其做更深入的研究^[5]。光波带交换(WBS)可以有效地降低交换端口数,简化了波长交换的管理,但没有降低交换的波长数,且波长捆绑要求连续性,需要波长转换,学者们正在进一步深入研究^[6]。本文主要针对三层多粒度(光纤、波长、光码)光交换结构的业务疏导以及性能分析进行了研究,该结构能够有效地节省消耗端口数目,减少使用波长数量,并很好地改善业务疏导性能。但在实际的用户信息传输交换过程中,存在各种各样的干扰问题,还需对该系统进行更深入的探讨和研究。本文介绍了三层多粒度交换系统的结构并分析了交换端口,给出了网络模型、新算法并举例验证,通过仿真对多粒度系统的性能进行了分析。

1 三层多粒度交换系统的结构

在多粒度交换网络中,其主要思想是把几个满足一定特性的波长捆绑成一个波带,作为一个整体进行交换,这在节省端口方面起到了很大的作用。

① 河北省自然科学基金(F2015203204)和河北省高等学校科学技术(ZD2014024)资助项目。
② 男,1968年生,博士,教授;研究方向:光纤通信;E-mail: wyb@ ysu. edu. cn
③ 通讯作者,E-mail: ryf2016@ 126. com
(收稿日期:2017-04-18)

然而,若要增加一个光纤中有效波长的数目,却要付出巨大的代价。因此,本文借鉴波带交换的基本原理和重要思想,将不同光码捆绑成一个波长用于传输。这不仅减少了消耗的端口数目,同时相比于增

加光纤中有效波长的数目,增加波长中有用光码的数目要更容易。本文选择的光交换粒度为三层:光纤、波长和光码,其相应的结构如图 1 所示^[7]。

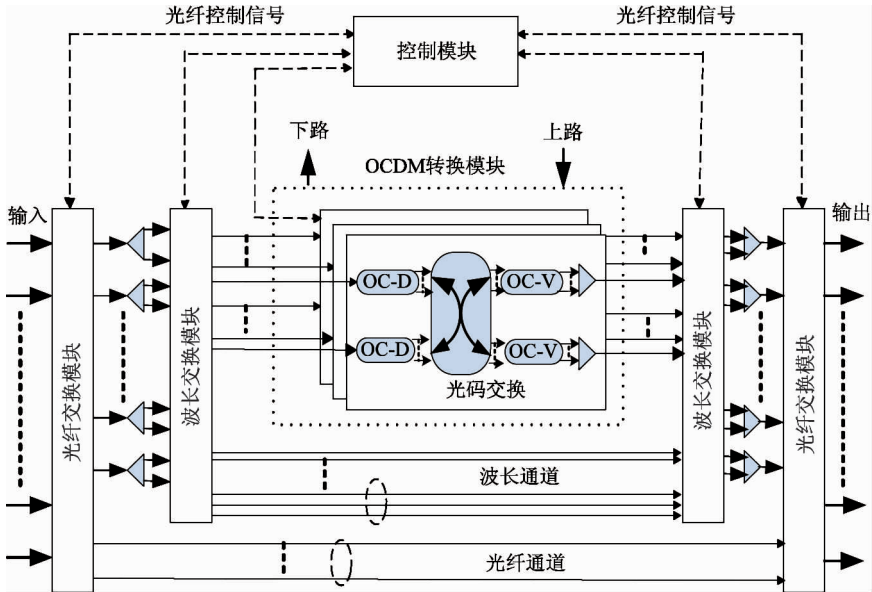


图 1 基于 OCDM 的多粒度光交叉连接

首先,标签交换路径(label switching path, LSP)从左侧输入端进入,由光纤和波长交换箱中的标签分配到特定的层中进行交换,然后在右侧的交换箱被重新捆绑。对比传统的多粒度光交叉连接(multi-granularity optical cross connection, MG-OXC)结构,本文重点在于引入了 OCDM 交换箱(switching box),OCDM 交换箱也作为波分复用(WDM)光交叉连接的一部分,其中 OCDM-LSPs 通过不同的码序列对相同或不同的波长段进行编码。标签交换路径在输入端口进行解复用,并在波分和码分混合的交叉连接结构中完成交换。最后,在输出端,完成交换的 OCDM-LSPs 将被捆绑而进入到下一个操作。

1.1 三层 MG-OXC 体系交换端口分析

引入光码交换的三层多粒度光交叉联接(MG-OXC)将光交换的粒度从波长粒度细化到光码粒度,且波长捆绑光码不存在连续性的限制,该体系节省了系统所需的端口数量和波长总数。图 2 为三层(光纤、波长、光码)MG-OXC 内部构造图。容易看出,交换包含以下光纤级交换(FXC)、波长级交换(WXC)和光码级交换(CXC)三种粒度:

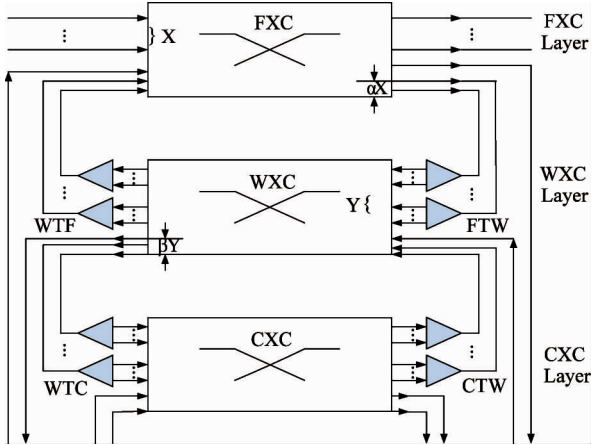


图 2 三层 MG-OXC 内部构造图

(1) 光纤级交换:假设 MG-OXC 所有的输入光纤端口中有 X 个端口用来和其他光节点相互连通,那么 FXC 可实现以下功能:(i)实现 X 根光纤的全部交叉连接;(ii)随机地选取 $\alpha X(0 \leq \alpha \leq 1)$ 根光纤,并利用 FTW(光纤到波长)解复用器对这些光纤采取解复用操作,信号会由光纤级转换到波长级,这样就可以将信号输入到下一层(即 WXC 层)再次转换;(iii)在 αX 根光纤中将会接收一些 WXC 层所传

到的波长粒度的信号,它们将会一起组合复用;(iv)将要执行上路处理操作的光纤数目有 X' 根,同样将要执行下路处理操作的光纤数目也有 X' 根。因此光纤交换层必须使用的光纤级输入端口数量是 $X' + \alpha X + X$ 个,此外有 $X' + \alpha X + X$ 个光纤级端口作为输出之用。

(2) 波长级交换:假设通过解复用操作一个光纤分离出 W 个波长,因此 WXC 层需要的端口数量就是 $Y = \alpha X \times W$ 个,这样才能完全处理从 FXC 层到来的信号。WXC 层也能够把任何 βY 个 ($0 \leq \beta \leq 1$) 波长信号通过解复用操作形成粒度为光码的信号,随后会把形成的信号传输至 CXC 层再次交换,除此之外 Y' 个波长要进行上路操作,另外的 Y' 个波长要进行下路操作。同理可计算,WXC 层输入的波长端口数量是 $Y' + \beta Y + Y$ 个,其匹配的输出生长端口数量也是 $Y' + \beta Y + Y$ 个。

(3) 光码级交换:假设光纤中的任一波长执行解复用操作会产生光码信号 C 个,与之相对应的 CXC 层应具有 $Z = C \times \beta Y$ 个端口对来自 WXC 层的信号进行处理。此外 CXC 层需要进行上路处理的光码信号数量是 γZ 个 ($0 \leq \gamma \leq 1$), 同时也要对 γZ 个光码信号做下路处理。这样的话 CXC 层要有 $Z + \gamma Z$ 个输入光码端口,同理相匹配的输出光码端口数量是 $Z + \gamma Z$ 个。

举例证明:假设某个光交叉连接器节点处拥有 5 个光纤入口和 5 个光纤出口,单根光纤可容纳 50 个光码同时搭载信号传输,如果不采用 MG-OXC,对于一个传统的交换系统来讲就需要装备 500 个光交换端口(250 个用于光纤输入,250 用于光纤输出)。而本文中,假设一根光纤能够包含的波长数量是 10 个(8 个波长之间可以互相随意交换,其余 2 个波长分解成光码后继续进行光码转换),一个波长可以捆绑的光码数量是 5 个,此时需要的端口数计算如下:

20 个光纤端口 : $X = 5, \alpha X = 5$ (全部解复用), 无上/下路本地业务,则有 10 个 ($X' + \alpha X + X = 0 + 5 + 5 = 10$) 输入端口,10 个输出端口;120 个波长端口 : $W = 10, Y = \alpha X \times W = 5 \times 10 = 50, \beta Y = 10$, 无上/下路业务,则有 60 个 ($Y' + \beta Y + Y = 0 + 10 +$

$50 = 60$) 输入端口,60 个输出端口;100 个光码端口 : $Z = C \times \beta Y = 5 \times 10 = 50$, 无上/下路业务,则有 50 个 ($Z + \gamma Z = 50 + 0 = 50$) 输入端口,50 个输出端口。因此总共需要 $20 + 120 + 100 = 240$ 个光交换端口,是原来数目的 48%。

由以上的分析得出,本文所研究的三层 MG-OXC 结构同样具有光波带交换(WBS)的优势,即减少交叉连接处的端口数量。

另外,该结构除了上面所提的特性之外,同一光波长的地址码捆绑不受连续性的限制,同时还可节省系统中所使用的波长数量。随着业务需求的提高,传统交换中波长的数目必须不断增加,但增加一个光纤中波长数目的过程往往是复杂的,需要付出的代价也是昂贵的,而相比之下若增加波长中的光码数目,只需添加相应的编解码器即可,光码的传输也可以采用并行处理的方式,整个实现过程就因此简化,成本也随之降低

1.2 网络模型

首先对模型中的变量进行定义。

$PWC(N, L, C, W)$: 表示整个物理网络的拓扑结构,其中:

N ——物理端口数;

L ——相关的光纤链接;

C ——每个光纤中可利用的光码数;

W ——每个光纤中可利用的波长数。

$MD_n(s, D_{st})$: 表示第 n 个多路请求,其中:

s ——源端口;

$D_{st} = (d_1, d_2, \dots, d_e \dots)$ ——目的端口,其中 d_e 表示第 e 个目的端口。

WT_n : 表示多路请求的波长树, $WT_n = \{s \rightarrow [\text{左端口} \rightarrow (\dots), \text{右端口} \rightarrow (\dots)]\}$, 其中左端口 $\rightarrow (\dots)$ 和右端口 $\rightarrow (\dots)$ 可以为空。

x : 表示物理端口;

VTL : 表示虚拟拓扑层;

V_x : 表示位于虚拟拓扑层上与端口 x 相关的虚拟端口。

WPL_y : 表示与波长 W_y ($1 \leq y \leq |W|$) 相关的波长平面层。

W_x : 表示位于 WPL_y 上与端口 x 相关的波长端

口。

- FT_x : 表示位于端口 x 处的空闲收发器的数目。
- $WSL_{x,z}^n$: 如果波长树上的端口 x 和端口 z 之间存在一个波长分割,并包含可利用的光码,那么在端口 V_x 和端口 V_y 之间就存在一个波长分割连接 $WSL_{x,z}^n$ 。
- $FC_{x,z}^n$: 表示位于 $WSL_{x,z}^n$ 上的可利用光码的数目。
- $WL_{x,z}^y$: 如果在端口 x 和端口 z 之间存在一个光纤连接,并且这个光纤中的波长 W_y 恰是空闲的,那么在 WPL_y 上的 W_x^y 和 W_z^y 之间就存在一个波长连接 $WL_{x,z}^y$ 。
- $TVL(V_x, W_x^y)$: 如果在端口 x 处 FT_x 的数值大于零,那么在端口 V_x 和端口 W_y 之间就存在一个连接 $TVL(V_x, W_x^y)$, (W_y 中 $1 \leq y \leq |W|$)。

2 多路分层辅助图表 (MLAG) 的构造

每个 MLAG (multicast layered auxiliary graph)^[8] 包含一个虚拟拓扑层 (VTL) 和两个波长层 (WPL)^[9,10]。虚拟拓扑层中包括虚拟端口和波分连接,虚拟端口 V_x 与物理网络拓扑的端口 x 一致,波分连接 $WSL_{x,z}^n$ 表示位于已知波长树 WT_n 上的端口 x 和端口 z 之间的子路径。在虚拟拓扑层的每个端口都具有光码/波长转化的能力,新到的多路请求可以使用已知的含有可利用光码的波分来满足需求。

2.1 算法的介绍

- 步骤 1:** 建立 MLAG, 先构造出相应的物理拓扑,然后把该结构的每个端口复制到 VTL 和 WPL 中,最后,建立位于 VTL 上的端口与位于 WPL^[5,6] 上的相关端口之间的虚拟连接。
- 步骤 2:** 接收请求并判断是否需要重新建立连接。若需要则到 **步骤 3**; 若仅需要释放原有连接则到 **步骤 6**。

- 步骤 3:** 为多路请求建立波长树。
- 首先,若可在原有 VTL 上能够找到所计算出来的波长树,则到 **步骤 4**; 否则,令 $y = 1$, 也就是从波长 W_1 开始,执行下面的步骤。其次,若在原有 WPL_y 上能够找到所计算出来的波长树,则到 **步骤 4**; 否

则,令 y 加 1, $y \leq |W|$ 时则返回继续寻找; 否则,令 $y = 1$, 执行下面的步骤。最后,若在原有的 MLAG 上能够找到所计算出来的波长树,则到 **步骤 4**; 否则,阻塞该多路请求,转到 **步骤 2**。

- 步骤 4:** 更新现有的 MLAG: 若是新建的波长树,需要删除 WPL 上的端口之间的波长连接,同时,把相关的波分连接增加到 VTL 上,并且对可利用光码数和收发器数进行更新,然后返回到 **步骤 2**, 等待新的多路请求的到来; 否则,到 **步骤 5**。

- 步骤 5:** 根据多路请求的需求对光码进行码字之间的转换,将波长树中现有光码转化成新的多路请求所需的光码,若可以完成,回到 **步骤 4**; 否则,对该多路请求进行阻塞,回到 **步骤 2**。

- 步骤 6:** 释放原有的资源。若 VTL 上的可利用光码数与所设定的光码数相同,则删除波分连接,并把相关的波分连接增加到 WPL,同时更新 MLAG 上的光码数目和各个端口的收发器数目。更新完成后自动返回到 **步骤 2**, 等待新的多路请求的到来。

算法的流程如图 3 所示。

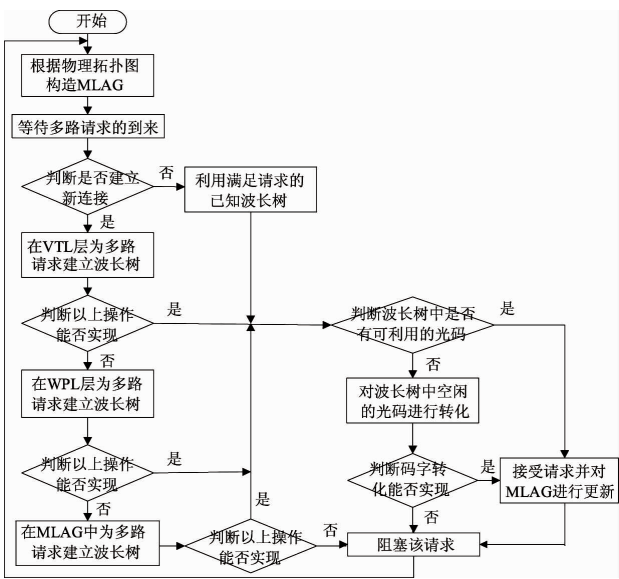


图 3 算法流程图

2.2 算法的举例实现

在码分复用的网络中,首要问题就是解决关于路由和码字的合理分配,其主要原则是使消耗的端口数实现最小化。为了对所提出的算法清晰地解释,选取四个多路请求举例实现,它们分别为

$MD_1(4, \{3,6\})$, $MD_2(2, \{1\})$, $MD_3(6, \{4,2\})$ 和 $MD_4(6, \{4,2\})$ 。这些请求按排列的先后顺序依次到达。物理拓扑结构如图 4 所示,数值为端口序号。设定每个光纤中包含两个可利用的波长,每个波长中包含 4 个可利用的光码。初始的 MLAG 如图 5(a) 所示,包含一个虚拟拓扑层 VTL 和两个波长层 WPL_1 和 WPL_2 , 虚拟端口旁的数字表示空闲接收器的数目。最初时刻,没有多路请求到来,此时位于 VTL 上的波分连接并不存在。

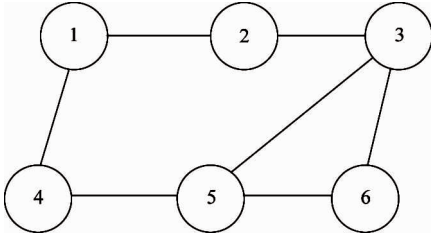


图 4 物理拓扑结构

第一请求 $MD_1(4, \{3,6\})$, 波长树 $WT_1 = \{V_4 \rightarrow W_4^1 \rightarrow W_5^1 \rightarrow (W_3^1 \rightarrow V_3, W_6^1 \rightarrow V_6)\}$, 可见位于波长层 WPL_1 上的波长连接为 $W_{4,5}^1$, $W_{5,3}^1$ 和 $W_{5,6}^1$, 如图 5(a) 中的较细线所示。第二个请求 $MD_2(2, \{1\})$, 波长树 $WT_2 = \{V_2 \rightarrow W_2^1 \rightarrow W_1^1 \rightarrow V_1\}$, 同样能够发现位于波长层 WPL_1 上的波长连接为 $W_{2,1}^1$,

如图 5(a) 中的中细线所示。同理第三个多路请求 $MD_3(6, \{4,2\})$, 对应的波长树 $WT_3 = \{V_6 \rightarrow W_6^2 \rightarrow (W_5^2 \rightarrow W_4^2 \rightarrow V_4, W_3^2 \rightarrow W_2^2 \rightarrow V_2)\}$, 位于波长层 WPL_2 上的波长连接为 $W_{6,5}^2$, $W_{5,4}^2$ 和 $W_{6,3}^2$, $W_{3,2}^2$, 如图 5(a) 中的较粗线所示。更新多路分层辅助图表: 删除波长层上的波长连接, 添加相应的位于虚拟拓扑层上的波分连接 $WSL_{4,5}^1, WSL_{5,3}^1, WSL_{5,6}^1, WSL_{2,1}^1$ 和 $WSL_{6,4}^2, WSL_{6,2}^2$, 波长连接上的数字表示可利用的光码数。假设每个波长包含四个可以利用的光码, 每到来一个多路请求要消耗一个光码, 即光码数值在原基础上自动减 1, 则 $FW_{4,5}^1, FW_{5,3}^1, FW_{5,6}^1, FW_{2,1}^1$ 和 $FW_{6,4}^2, FW_{6,2}^2$ 被更新为 3。端口旁的数字表示空闲接收器的数目, 那么 $FT_1, FT_2, FT_3, FT_4, FT_5$ 和 FT_6 的值分别更新为 2, 1, 2, 1, 3, 1, 多路分层辅助图表更新后的结果如图 5(b) 所示。

再看第四个多路请求 $MD_4(6, \{4,2\})$, 在已存在的波长树 WT_3 的基础上, 在虚拟拓扑层上找到一个单跳波长树 $WT_4 = \{V_6 \rightarrow (V_4, V_2)\}$, 然后只需更新 MLAG, $FW_{6,4}^2$ 和 $FW_{6,2}^2$ 的值同时发生变化, 如图 5(c) 所示, 与图 5(b) 比较, 由于并没有建立新连接, 因此波长树保持不变, 只是可利用的光码数目相对减少。

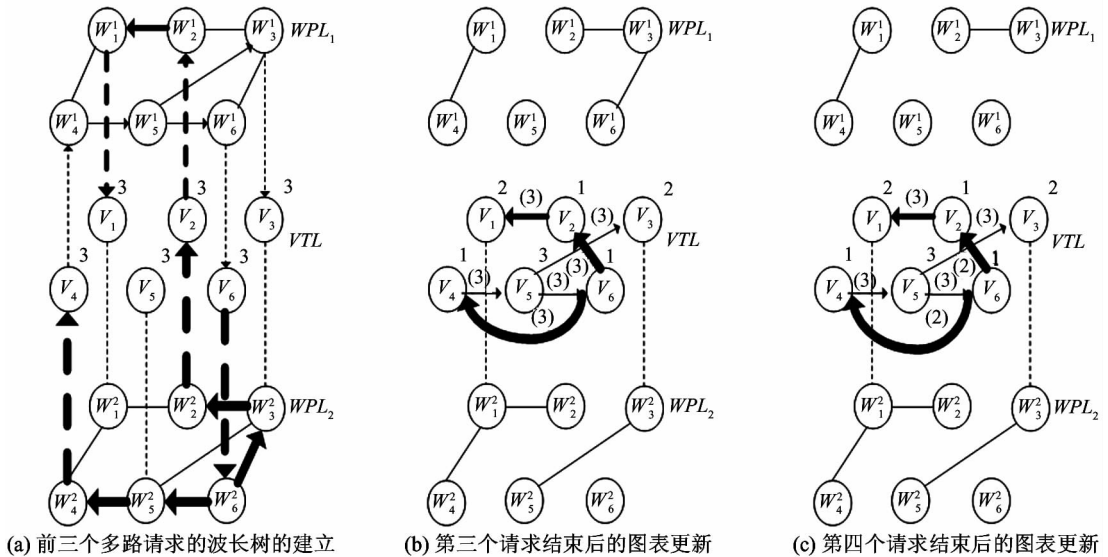


图 5 多路分层辅助图表的创建及更新

以上则是应用所提出的算法对 4 个多路请求进 行的具体实现。

3 仿真分析

3.1 阻塞率分析

阻塞率,通常由链路数决定,是评价网络延迟的重要指标之一。提供的链路越多,系统的阻塞率越小,提供给用户的服务质量越好。

假定 OCDM 系统信道中含有波长数目为 W , 每个波长通道包含 C 个光码,那么就有 $W \times C$ 个链路可供使用,该通路由波长和光码组成,因此称其为光码波长路径 (label wavelength path, LWP)。设通道之间相互独立,业务请求服从速率为 ρ 的泊松过程,服务时间服从 μ 的指数分布,那么 LWP 全被占用的概率^[11]为

$$P(W \times C) = \frac{(\rho/\mu)^{(W \times C)}}{(W \times C)!} / \left(\sum_{t=0}^{W \times C} \frac{(\rho/\mu)^t}{t!} \right) \quad (1)$$

(1) 设定链路数相同,取 3 组数值分别为 $W1 = 4, C1 = 9; W2 = 6, C2 = 6; W3 = 9, C3 = 4$, 经 Matlab 仿真得到图 6。由结果可知,无论光码和波长如何分配,只要保证二者的乘积为定值,其阻塞率特性曲线基本一致。

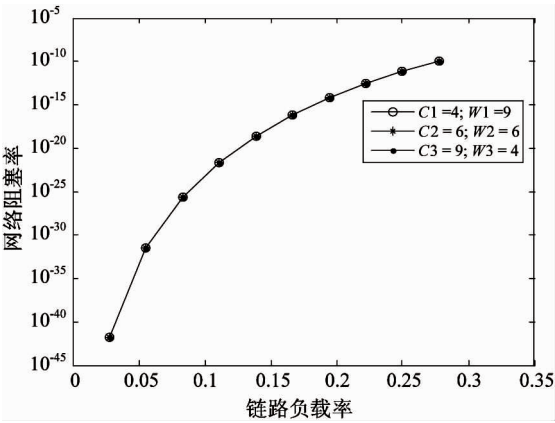
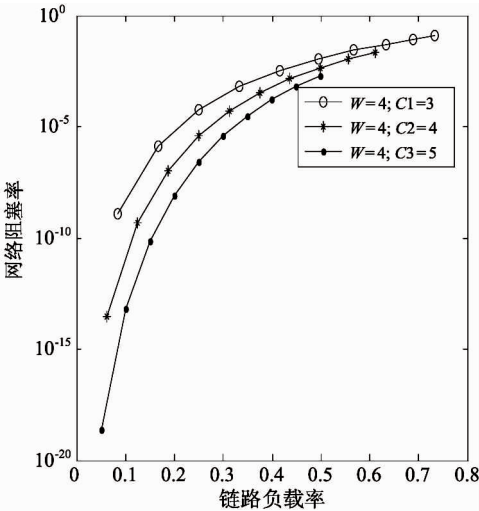


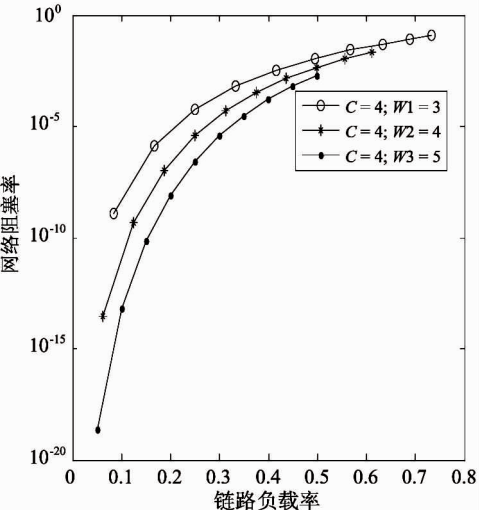
图 6 相同链路数的阻塞率之间的比较

由仿真结果可知,系统链路数相同时,不管光码和波长如何分配,网络阻塞率特性曲线基本一致。

(2) 设定链路数目不同,令波长数相同光码数依次增加和光码数相同波长数依次增加,取值分别为 $W = 4, C1 = 3, C2 = 4, C3 = 5$ 和 $C = 4, W1 = 3, W2 = 4, W3 = 5$, 其仿真结果如图 7(a) 和图 7(b) 所示。



(a) 波长相同光码变化的阻塞率之间的比较



(b) 光码相同波长变化的阻塞率之间的比较

图 7 不同链路数的阻塞率之间的比较

由仿真结果可知,系统链路数不同时,波长数相同,阻塞率随光码的增加而减少;同理,光码数不变,阻塞率随波长的增加而减少。

综上所述,网络的阻塞率与系统的链路成反比例变化,即系统的链路数越多出现阻塞的概率越小。

3.2 吞吐量分析

吞吐量 (throughput) 即单位时间内完成传送的数据数量。

首先,研究本系统中吞吐量随负载 N_f 变化的对应关系。选定一组光纤 L 、波长 M 和光码 N 的值,要求 N 较小,即每波长包含的光码数较少,得到仿真结果如图 8(a) 所示。

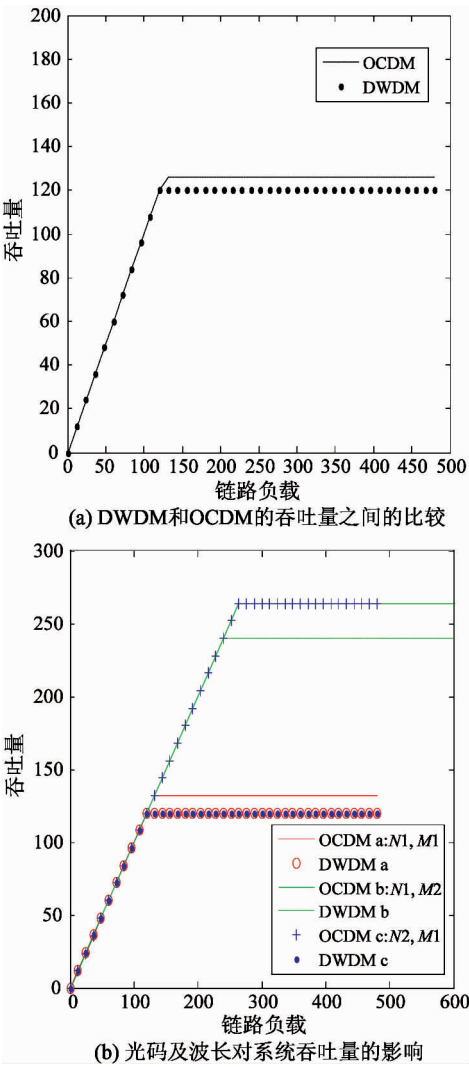


图8 不同状态下的系统吞吐量的比较

此图形显示出吞吐量与负载成正比例变化,并且其最大限度由系统中的光纤与波长数目决定,即系统确定后,即使负载加大,吞吐量也将保持恒定不变^[12]。虽然光码分复用(OCDM)的曲线始终位于DWDM(dense wavelength division multiplexing,即密集波分复用,是一种在光波段的波分复用技术)的上方,但两者的吞吐量非常接近,其性能相差甚微,可见并未显示出引入光码的优势。

因此,为了突出光码特性,需要增加光码 N 的数值。将波长数固定,以 $N1$ 和 $M1$ 为基数,然后将 $N1$ 翻一倍得 $N2$,另将 $M1$ 翻一倍得 $M2$,带入以上三组数值,得到仿真结果如图8(b)所示。

通过图形对比可知,光码数增加使吞吐量成倍变化,并可见 OCDM 系统性能明显优于 DWDM 系

统。当然波长数同样的改变也能够实现以上结果,但是该性能的提高却必须以波长的成倍增长为代价,考虑到实际因素该方法并不理想。对于波分复用系统而言,若想提高吞吐量,理论上增加波长或光码的数值均能实现。但引入光码能够替代波长实现同样的功能,这意味着该过程的实现将趋于合理化。而且,波长数越大,OCDM 系统所表现的优越性就越发突出。

4 结 论

本文在传统的光传送与交换技术研究的基础上,重点提出了基于光码分复用(OCDM)的三层多粒度交换体系结构(MG-OXC)以及一种新的业务疏导算法,该结构能够增强系统灵活性,优化结构复杂性,降低消耗端口的数量,提高资源利用率。本文通过对其网络模型和业务疏导决策的分析,建立了相应的多路分层辅助图表(MLAG)并对算法进行了举例验证,最后从阻塞率和吞吐量两方面对该体系结构的性能进行了仿真分析。结果表明,链路数是影响阻塞率的关键因素,吞吐量与波长和光码数均成正比,同时证实了新算法的有效性和三层(光纤、波长和光码)多粒度体系结构的可行性。

但是,通过上述仿真比较,发现当光码数量较小时,本文所研究的体系结构优势并不显著,只有当波长中包含较多的光码时,才能充分体现。因此当链路数固定时,如何做出权衡来实现阻塞率的最小化和吞吐量的最大化还需更深一步的探讨和研究。

参考文献

- [1] Taniguchi Y, Yamada Y, Hasegawa H, et al. Coarse granular optical routing networks utilizing fine granular add/drop. *Journal of Optical Communications & Networking*, 2013, 5(5):774-783
- [2] Wang X, Cheng H, Li K, et al. A cross-layer optimization based integrated routing and grooming algorithm for green multi-granularity transport networks. *Journal of Parallel & Distributed Computing*, 2013, 73(6):807-822
- [3] Wang Y, Cao X. Multi-granular optical switching: a clas-

- sified overview for the past and future. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2012, 14(3):698-712
- [4] Cheng M, Hu W, Sun W, et al. Wavelength converted broadcast-selective buffering contention resolution in synchronous WDM OPS networks. *IEEE Journal of Lightwave Technology*, 2010, 28(9):1356-1362
- [5] Huang Y G, Heritage J P, Mukherjee B. A new node architecture employing waveband-selective switching for optical burst-switched networks. *IEEE Communications Letters*, 2007, 11(9):756-758
- [6] Guo L, Wang X, Ji W, et al. A new waveband switching method for reducing the number of ports in wavelength-division-multiplexing optical networks. *Optical Fiber Technology*, 2009, 15(1):5-9
- [7] Huang S, Baba K, Murata M, et al. Fine multi-granularity optical paths by novel OCDM-based switch architecture. In: Proceedings of the Joint International Conference on Optical Internet and Next Generation Network, Jeju, Korea, 2006. 80-82
- [8] Guo L, Wang X, Cao J, et al. Multicast grooming algorithm in waveband switching optical networks. *Journal of Lightwave Technology*, 2010, 28(28):2856-2864
- [9] Wang X, Hou W, Guo L, et al. A new multi-granularity grooming algorithm based on traffic partition in IP over WDM networks. *Computer Networks*, 2011, 55(3):807-821
- [10] Hou W, Guo L, Wang X. A new multi-granularity traffic grooming routing algorithm in IP over WDM networks. *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, 2011, 122(11): 1019-1029
- [11] 钟锋, 尹树华. 一种基于 WDM 和 OCDM 的全光分组网络的阻塞率分析. 半导体光电, 2008, 29(1): 98-101
- [12] Khattab T, Alnuweiri H. Optical CDMA for all-optical sub-wavelength switching in core GMPLS networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2007, 25(5):905-921

MLAG-based research on the performance of a three layer multi-granularity optical cross connection system

Wang Yubao^{*}, Ren Yanfei^{*}, Meng Ying^{*}, Bai Jian^{**}

(^{*} School of Information Science and Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004)

(^{**} Teaching and Research Section, Basic Courses Teaching Department, Hebei Vocational & Technical College of Building Materials, Qinhuangdao 066004)

Abstract

In this work, optical code switching is introduced based on wavelength switching, then a three-layer multi-granularity optical cross connection (MG-OXC) system is constructed on the basis of optical code division multiplexing (OCDM), and a new traffic grooming algorithm is presented. The proposed architecture can improve the flexibility of traffic grooming, reduce the number of wavelengths used and save the number of consuming ports, hence, it can simplify routing device, effectively improve the flexibility of traffic grooming between nodes and enhance the performance of the system. The structure of the three-layer MG-OXC system is briefly interpreted and the comparison of saving ports is given. The good performance of the system is showed through the analysis of the exchange structure network model and the establishment of traffic grooming link on the multicast layered auxiliary graph (MLAG), and the simulating of the blocking rate and the throughput.

Key words: multi-granularity optical cross connection (OCDM), optical code division multiplexing (MG-OXC), multicast layered auxiliary graph (MLAG), blocking rate, throughput