

文章编号: 1001-3806(2011)04-0531-04

E-OBS 网络中一种基于优先级的抢占窗口机制

王波云, 管爱红*, 张元, 傅洪亮

(河南工业大学 信息科学与工程学院, 郑州 450001)

摘要: 为了有效地降低突发包的丢失率和保证网络的服务质量, 提出了模拟光突发交换网络中一种基于优先级的抢占窗口机制。该机制在模拟光突发交换核心路由器的控制信道上设置抢占窗口, 以此来决定是否允许高优先级突发包抢占低优先级突发包。冲突发生时, 系统判断高优先级突发包对应的控制包的到达时间是否满足抢占条件, 如果满足抢占条件, 则允许高优先级突发包抢占低优先级突发包; 否则, 不允许高优先级突发包抢占。对该机制进行了理论分析和模拟仿真实验验证, 取得了在不同信道系统下, 不同优先级突发包的丢失率随抢占窗口时间变化的一系列数据。结果表明, 该机制能够有效地降低高优先级突发包的丢失率, 并且得到的高优先级突发包的丢失率低于低优先级突发包的丢失率, 从而很好地保障了网络的服务质量。这种方法能够有效地提高网络性能。

关键词: 光通信; 模拟光突发交换; 优先级; 抢占窗口机制; 服务质量

中图分类号: TN929.11 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1001-3806.2011.04.022

A preemption window mechanism based on priority in E-OBS networks

WANG Bo-yun, GUAN Ai-hong, ZHANG Yuan, FU Hong-liang

(School of College of Information Science and Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: In order to reduce burst loss probability and guarantee the quality of service (QoS) of optical burst switching (OBS) networks efficiently, a preemption window mechanism based on priority in emulated-OBS networks was proposed, in which a preemption window was set in the control channel of the emulated-OBS core routers to determine whether or not to allow high-priority bursts to preempt low-priority bursts. When competition occurs, the system estimates whether the arrival time of high-priority bursts corresponding to control bursts meets the preemption condition. If the preemption condition is satisfied, high-priority bursts are allowed to preempt low-priority bursts. Otherwise, preemption is not allowed. The theoretical analysis and the simulation experiment of this mechanism were carried out, and a series of data how the loss probability of the different priority bursts changing with the preemption window time in the different channel systems were obtained. Simulation results show that the mechanism can efficiently reduce the burst loss probability of high-priority bursts, and the burst loss probability of the high-priority bursts is much less than that of the low-priority bursts. The QoS of OBS networks is guaranteed by this mechanism. Hence, the scheme can efficiently improve the performance of OBS networks.

Key words: optical communication; emulated-optical burst switching (E-OBS); priority; preemption window mechanism; quality of service

引言

网络应用飞速发展, 新型业务层出不穷。近几年, 随着波分复用技术的发展, 光网络传输能力得到了大幅度提升, 其单根光纤的最大传输速率在 2007 年就已达 25.6 Tbit/s, 而单波长的传输能力早已突破 40 Gbit/s^[1], 但网络节点的路由交换处理能力却没有同步提高, 已

成为当前网络传输的瓶颈环节。目前已提出了 3 种光交换技术, 即基于波长路由的光电路交换 (optical circuit switching, OCS)、光分组交换 (optical packet switching, OPS) 和光突发交换 (optical burst switching, OBS), 它们都试图实现全光交换和传输。介于波长和光分组之间的以光突发为粒度的 OBS, 不但结合了 OPS 和 OCS 二者的优点, 而且也克服了二者的不足, 成为目前较为可行的光交换技术, 是近年来光交换技术研究领域的热点, 有望成为下一代光网络实现波分复用网承载的互联网协议业务 (internet protocol-over-wavelength division multiplexing, IP-over-WDM) 的核心交换技术^[2]。

如何解决突发包的冲突问题, 以及如何在 OBS 网

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划资助项目 (2010A510002)

作者简介: 王波云 (1985-), 男, 硕士研究生, 现主要从事光突发交换和光网络技术的研究。

* 通讯联系人。E-mail: guanaihonghust@yahoo.com.cn

收稿日期: 2010-07-26; 收到修改稿日期: 2010-09-01

络中有效实现服务质量(quality of service, QoS),是目前 OBS 网络的研究热点。YOO 和 QIAO 通过设置偏置时间来提供差别服务和 QoS 保障^[3],其基本思想是:资源预约上以恰量时间(just enough time, JET)协议^[4]为基础,在边缘节点处为突发包分配不同的优先级,对高优先级的突发包设置一个额外的偏置时间 t_1 ,而低优先级的突发包只有一个基本的偏置时间 t_2 , $t_1 \gg t_2$,因为高优先级突发包的偏置时间($t_1 + t_2$)比低优先级的偏置时间 t_2 长很多,因而它有更多的机会预约到资源,从而实现差别服务。参考文献[5]中通过光纤延迟线(fiber delay lines, FDL)来实现 QoS,当高优先级突发包和低优先级突发包同时竞争资源时,高优先级突发包将优先占用带宽和 FDL,但不强占已被低优先级突发包提前预约的资源。上述实现 QoS 的方法中延长偏置时间不仅会增大高优先级突发包的时延,而且会导致“路径长度优先效应”^[6],这种效应会带来不同偏置时间值的突发包的不公平性对待;参考文献[5]中对低优先级突发包的保护使得高优先级突发包并没有得到充分的 QoS 保障,而网络中有一些流量业务(如用于信号保护和恢复的流量)需要非常高的 QoS 保障(绝对的低时延和低丢包率)。针对上述问题,本文中通过在 E-OBS 结构中采用 QoS 抢占窗口机制,设置合理的抢占窗口时间,允许高优先级突发包抢占低优先级突发包的链路资源,从而降低突发包的丢失率,保证 OBS 网络的 QoS。

1 E-OBS 核心路由器结构与功能

E-OBS 网络核心路由器的结构如图 1 所示^[7]。由

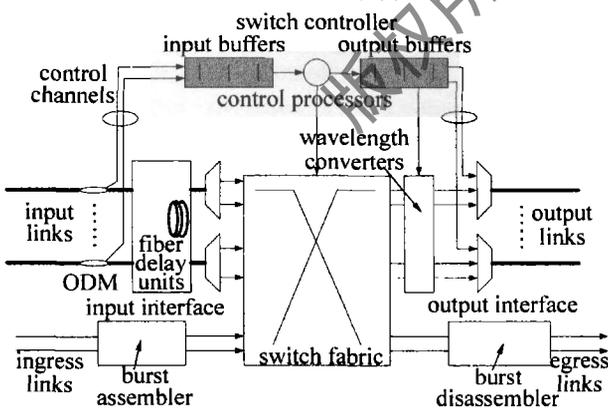


Fig. 1 Sketch map of general E-OBS core nodes

图可以看出,核心路由器主要由输入/输出链路、输入/输出接口、控制信道、数据信道、解复用器/复用器、包汇聚器、光纤延迟单元(fiber delay units, FDU)、输入/输出缓存器、光交换矩阵、控制处理器、波长变换器等部分组成。

其工作过程大致可以描述为:网络入口处的边缘

路由器将接入网中的 IP 数据包封装成突发数据包(burst data packet, BDP),并为每一个 BDP 生成一个突发控制包(burst control packet, BCP),BCP 和 BDP 通过不同的波长信道进入 OBS 网络的核心路由器,首先解复用器将 BCP 和 BDP 的信道单独分离出来,然后就对 BCP 和 BDP 进行单独处理。

就 BCP 而言,当 BCP 进入核心路由器时,先由 BCP 输入模块将其从光信号转换成电信号,通过控制信道输入到 BCP 交换单元来决定 BCP 和其对应的 BDP 的输出信道,调度器根据 BCP 中包含的其对应的 BDP 的目的地址等信息来控制光交换矩阵对 BDP 进行调度处理,为了更有效地利用信道资源,调度器并不是等 BCP 处理完毕就配置好交换矩阵,而是等到 BDP 到来的时候,才为其配置交换矩阵。当 BCP 在电域处理完毕,被送入到复用器中,复用器就将 BCP 所在的控制信道复用到输出光纤中进行输出。

就 BDP 而言,BDP 通过解复用器后,与 BCP 采用不同的信道(数据输入信道)进入核心路由器,首先根据需要在输入 FDU 中进行缓存^[8],为的是光交换矩阵可以有足够的时间从 BCP 那里得到配置信息,以便进行矩阵配置。在这里,BDP 经过 FDU 进行缓存,也是为实现 QoS 抢占窗口机制提供了前提。BDP 通过光交换矩阵后,通过数据信道进入到复用器中,在复用器中和 BCP 一起被复用到一根光纤中进行输出。

E-OBS 结构与传统光突发交换(conventional-optical burst switching, C-OBS)结构主要区别在于:E-OBS 结构中加入了 FDU,它能够有效地对 BDP 进行延迟,从而为设定合理的偏置时间(offset time, OT)提供可能,有利于实现 QoS 抢占窗口机制。

2 E-OBS 中 QoS 抢占窗口机制

2.1 基本原理

OBS 网络中,高优先级突发包(high priority burst, HPB)和低优先级突发包(low priority burst, LPB)在数据信道(data channel, DC)上传输,其对应的突发控制包(high priority, HP)和(low priority, LP)在控制信道(control channel, CC)上传输^[9-10]。为了研究方便,这里,只选取一个 HPB 和一个 LPB,以及对应的一个 HP 和一个 LP。图 2 中, Δ 表示突发包经过一跳的偏置时间, T 表示抢占窗口时间, t_h 和 t_l 分别表示 HP 和 LP 的到达时间, l_l 表示 LPB 的长度。假设此 E-OBS 网络核心节点配置有完全波长转换器。

(1) 如果 HP 的到达时间 t_h 在抢占窗口之内,且 HPB 在 LPB 的末端之前到达,即 $t_h < T$ 且 $t_h < l_l$,那么,

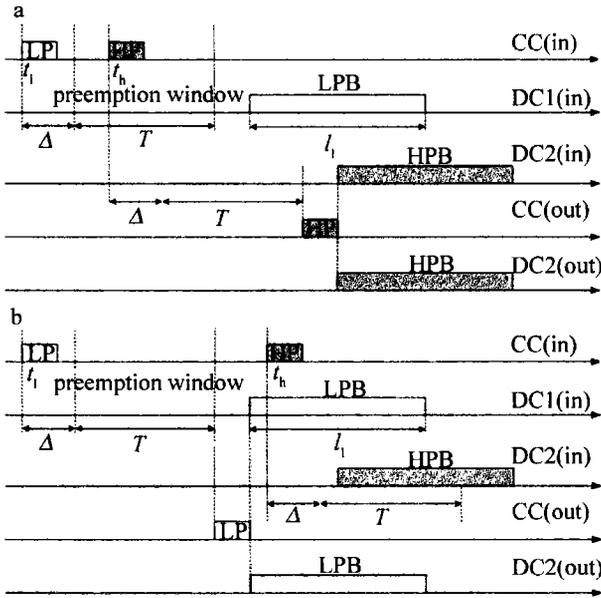


Fig. 2 Principle map of the preemption window mechanism

a—successful preemption b—preemption is not allowed due to the expiration of T

就允许高优先级突发包抢占低优先级突发包, 抢占后的高优先级突发包占用输出链路资源, 优先将其传输到下一节点。如图 2a 所示, 由于满足抢占条件, HPB 抢占 LPB 的链路资源, 最后在输出信道上优先将 HPB 和 HP 传输到下一节点。同时应该注意到, 对于被抢占的低优先级突发包而言, 如果有空闲的链路资源, 则为其预留链路资源, 将其传输到下一节点; 否则, 将其丢弃。

(2) 如果 HP 的到达时间 t_h 在抢占窗口之外, 或者 HPB 不能在 LPB 的末端之前到达, 即: $t_h > T$ 或者 $t_h > l_1$, 那么, 就不允许高优先级突发包抢占低优先级突发包, 低优先级突发包占用输出链路资源, 直接将其传输到下一节点。如图 2b 所示, 由于不满足抢占条件, HPB 不能抢占 LPB 的链路资源, 最后在输出信道上直接将 LPB 和 LP 传输到下一节点。而对于抢占不成功的高优先级突发包而言, 如果有空闲的链路资源, 则为其预留链路资源, 将其传输到下一节点; 否则, 将其丢弃。

2.2 理论分析

这里, 为了分析高优先级突发包和低优先级突发包的丢失率, 假定在单信道系统中采用整突发包抢占机制^[7] (full preemption, FP) 和抢占窗口机制 (preemption window, PW)。HPB 和 LPB 分别以参量为 λ_h 和 λ_l 的泊松过程到达, 它们到达某一核心节点的总到达率为 λ , HPB 和 LPB 对应 BCP 的到达时间 t_h 和 t_l 是服从指数分布的随机变量, 且突发包的长度 l 服从均值为 $1/\mu$ 的指数分布。

假设系统中 3 个可能的波长状态构成一个马尔可夫链^[7], 其中, Q_0 表示空闲波长, Q_1 表示已被 LPB 占

用的波长, Q_h 表示已被 HPB 占用的波长, 那么, 容易得到稳定的状态概率为:

$$Q_0 = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (1)$$

$$Q_1 = \frac{\lambda_l \mu}{(\mu + p\lambda_h)(\lambda + \mu)} \quad (2)$$

$$Q_h = \frac{\lambda_h(\mu + p\lambda)}{(\mu + p\lambda_h)(\lambda + \mu)} \quad (3)$$

$$\lambda = \lambda_h + \lambda_l \quad (4)$$

所以, LPB 和 HPB 的丢失率分别为:

$$P_l = Q_1 + Q_h + p \frac{\lambda_h}{\lambda_l} Q_l \quad (5)$$

$$P_h = Q_h + (1 - p) Q_l \quad (6)$$

式中, p 为突发包成功抢占的概率 $P(x)$ 与试图抢占的概率 $P(y)$ 的比值, 即 $p = \frac{P(x)}{P(y)}$ 。

如图 2 所示, 为了研究方便, 设 $\Delta = 0$, 突发包成功抢占需要满足两个条件: (1) HPB 对应的 BCP 应在抢占窗口时间 T 结束之前到达, 即 $t_h < T$; (2) HPB 对应的 BCP 应在 LPB 的末端之前到达, 即 $t_h < l_1$, 因此, $P(x)$ 为:

$$P(x) = P[(t_h < T) \cap (t_h < l_1)] = \int_0^T \int_0^{l_1} \mu e^{-\mu u} \lambda_h e^{-\lambda_h v} du dv = \frac{\lambda_h}{\lambda_h + \mu} [1 - e^{-(\mu + \lambda_h)T}] \quad (7)$$

同理可得 $P(y)$ 为:

$$P(y) = P(t_h < l_1) + P[(t_h < l_1) \cap (t_h > T)] \times \sum_{i=1}^{\infty} [P(t_h < l_1)]^i = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \mu e^{-\mu u} \lambda_h e^{-\lambda_h v} du dv + \left[\int_T^{\infty} \int_0^{\infty} \mu e^{-\mu u} \lambda_h e^{-\lambda_h v} du dv \right] \sum_{i=1}^{\infty} \left[\int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \mu e^{-\mu u} \lambda_h e^{-\lambda_h v} du dv \right]^i = \frac{\lambda_h}{\lambda_h + \mu} + \frac{\lambda_h}{\lambda_h + \mu} e^{-(\mu + \lambda_h)T} \sum_{i=1}^{\infty} \left(\frac{\lambda_h}{\lambda_h + \mu} \right)^i = \frac{\lambda_h}{\lambda_h + \mu} \left[1 + \frac{\lambda_h}{\mu} e^{-(\mu + \lambda_h)T} \right] \quad (8)$$

所以,

$$p = \frac{P(x)}{P(y)} = \frac{1 - e^{-(\mu + \lambda_h)T}}{1 + \frac{\lambda_h}{\mu} e^{-(\mu + \lambda_h)T}} \quad (9)$$

将(1)式~(4)式和(9)式代入到(5)式和(6)式可得:

$$P_l = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda_l \mu [1 - e^{-(\lambda_h + \mu)T}]}{(\lambda_h + \mu)(\lambda + \mu)} \quad (10)$$

$$P_h = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} - \frac{\lambda_l \mu [1 - e^{-(\lambda_h + \mu)T}]}{(\lambda_h + \mu)(\lambda + \mu)} \quad (11)$$

(10)式和(11)式分别是 PW 机制下得到的 LPB 和 HPB 的丢失率。如果当 $T \rightarrow \infty$ 时, PW 机制就变为经典抢占机制 (classical preemption mechanism, CP); 如

果当 $T=0$ 时,此时其为无 QoS 区别的一般机制,亦称无抢占机制(no preemption mechanism, NP),其丢包率分别为:

$$P_1' = \lim_{T \rightarrow \infty} P_1 = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda_h \mu}{(\lambda_h + \mu)(\lambda + \mu)} \quad (12)$$

$$P_h' = \lim_{T \rightarrow \infty} P_h = \frac{\lambda_h}{\lambda_h + \mu} \quad (13)$$

$$P_{NP} = \lim_{T \rightarrow 0} P_1 = \lim_{T \rightarrow 0} P_h = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \quad (14)$$

3 仿真分析

这里,给出了具有 2 个优先级突发包(HPB 和 LPB)的 OBS 网络中,利用计算机模拟仿真分析了 E-OBS 网络中基于优先级的抢占窗口机制突发包的丢失率随抢占窗口时间的变化情况。

图 3 中给出了在单信道系统下,PW 机制、CP 机

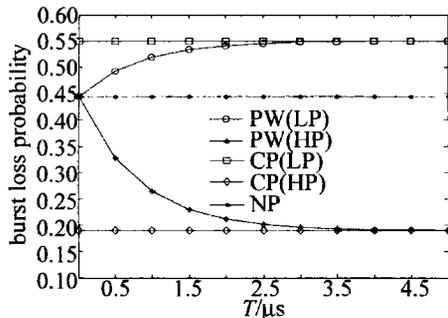


Fig. 3 Relationship between burst loss probability and preemption window time ($\lambda = 0.8, \lambda_h = 0.235, \mu = 1$, and 30% of HPB traffic)

制和 NP 机制不同优先级突发包的丢失率与抢占窗口时间的关系。设定: $\lambda = 0.8, \lambda_h = 0.235, \mu = 1$, HPB 和 LPB 占总突发包的的比例分别为 30% 和 70%。由图可以看出,PW 机制下,高优先级突发包的丢失率低于低优先级突发包的丢失率,并且高优先级突发包的丢失率随着抢占窗口时间的增加而减少,最后,其趋近于一条渐近线,而这条渐近线就是 CP 机制得到的高优先级突发包的丢失率;低优先级突发包的丢失率随抢占窗口时间的增加而增加,最后,其也趋近于一条渐近线,而这条渐近线也是 CP 机制得到的低优先级突发包的丢失率。NP 机制得到的包的丢失率不随抢占窗口时间的变化而变化,说明 NP 机制并没有抢占功能。由此可以看出,CP 机制是 PW 机制当 $T \rightarrow \infty$ 时的极限情况,NP 机制是 PW 机制当 $T=0$ 时的极限情况。

图 4 中模拟了多信道系统下,PW 机制和 CP 机制不同优先级突发包的丢失率与抢占窗口时间的关系。设定: $\lambda = 0.8, \mu = 1, W = 16$ (W 为数据信道数目), $\rho = 0.7$ (ρ 为网络负荷), HPB 和 LPB 占总突发包的的比例分别为 25% 和 75%, HPB 和 LPB 都以高斯过程到达。由图可知,PW 机制下,高优先级突发包的丢失率低于

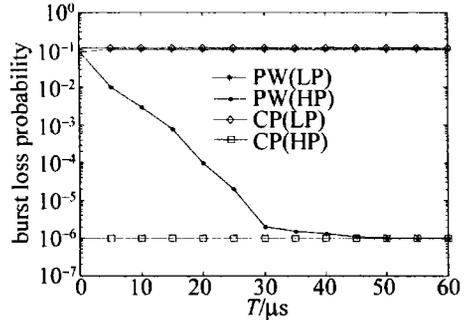


Fig. 4 Relationship between burst loss probability and preemption window time ($\lambda = 0.8, \mu = 1, W = 16, \rho = 0.7$, and 25% of HPB traffic)

低优先级突发包的丢失率,并且高优先级突发包的丢失率随着抢占窗口时间的增加而减少,当 $T < 3 \mu s$ 时,其随抢占窗口时间的增加而减少的幅度较大;当 $T > 30 \mu s$ 时,其随抢占窗口时间的增加而减少的幅度比较平缓,最后,其趋向于一定值,此定值为 CP 机制得到的高优先级突发包的丢失率。低优先级突发包的丢失率随抢占窗口时间的增加而缓慢增加,最后,其也趋向于一定值,此定值为 CP 机制得到的低优先级突发包的丢失率。

4 结论

提出了 E-OBS 网络中一种基于优先级的抢占窗口机制。该机制的基本思想是:在 E-OBS 核心路由器的控制信道上设置抢占窗口,如果高优先级突发包对应的控制包的到达时间满足抢占条件,则允许高优先级突发包抢占低优先级突发包;否则,不允许高优先级突发包抢占。仿真结果表明,该机制能够有效地降低高优先级突发包的丢失率,并且得到的高优先级突发包的丢失率低于低优先级突发包的丢失率,从而保护高优先级突发包的完整性,很好地保障 OBS 网络的 QoS。在实际的 OBS 网络应用中,CP 机制和 NP 机制是 PW 机制的两种极限情况。这些结果对 OBS 网络的设计和优化具有一定的理论指导意义。

参考文献

- [1] GNAUCK A, CHARLET G, TRAN P, et al. 25.6Tbit/s C+L-band transmission of polarization multiplexed RZ-DQPSK signals[C]//National Fiber Optic Engineers Conference 2007. Anaheim, California, USA: Optical Society of America, 2007: PDP19.
- [2] QIAO C, YOO M. Optical burst switching (OBS)—a new paradigm for an optical internet[J]. Journal of High Speed Networks, 1999, 8(1): 69-84.
- [3] YOO M, QIAO C, DIXIT S. QoS performance of optical burst switching in IP-over-WDM networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2000, 18(10): 2062-2072.
- [4] YOO M, QIAO C. Just enough time (JET): a high speed protocol for burst traffic in optical networks[J]. IEEE/LEOS Technology for a Global Information Infrastructure, 1997, 8(11/15): 26-27.
- [5] ZHANG M, ZHANG F, WANG J, et al. Performance of prioritized

(下转第 538 页)

较低,所以聚集效应加强,薄膜表面颗粒增加,粗糙度增大。随着氢气气压的增加,等离子体的速度减小,激光与等离子体的相互作用减弱,激发出来的锂离子能量增加,而且气体的缓冲作用增加,到达基片表面的粒子数减少,聚集效应减小且粒子有足够的能量扩散,使得薄膜表面逐渐光滑。

4 结论

脉冲激光沉积法制备氢化锂薄膜,沉积速率随靶基距和氢气气压的增加而减小。在激光能量一定时,靶基距和氢气气压变化会影响等离子体羽辉的长度,从而影响沉积速率。在脉冲激光沉积氢化锂薄膜的过程中,氢气主要起两个作用,一是作为反应气体参与薄膜的生长,二是作为缓冲气体控制等离子体的速度、提高薄膜的均一度。随着氢气气压的增加,氢化锂薄膜的表面粗糙度降低。

参考文献

- [1] ZHANG J, CHANG T Q. Fundamentals of the target physics for laser fusion[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2004:116-250 (in Chinese).
- [2] TAKABE H, NACATOMO H, SUNAHARA A, *et al.* Target design for ignition and high gain in direct drive ICF[J]. Fusion Engineering and Design, 1999, 44(1/4): 105-110.
- [3] LINDL J D, AMENDT P, RICHARD L, *et al.* The physics basis for ignition using indirect-drive targets on the National Ignition Facility [J]. Physics of Plasmas, 2003, 11(2): 3933-4023.
- [4] LEI J H, DUAN H, XIN P F, *et al.* Design of soft X-ray multilayer for familiar spacing layer material [J]. Laser Technology, 2011, 35(3):415-417(in Chinese).
- [5] GIORLA J, BASTIAN J, BAYER C, *et al.* Target design for ignition experiments on the laser mégajoule facility[J]. Plasma Physics and Controlled Fusion, 2006, 48(12): B75-B82.
- [6] CARSTENS D H W, FARNUM E H, FRIES R J, *et al.* Fabrication of $\text{LiD}_{0.5}\text{T}_{0.5}$ Microspheres for use as laser fusion targets[J]. Journal of Nuclear Material, 1975, 57(1):1-10.
- [7] SCHULTZ K R, KAAE J L, MILLER W J, *et al.* Status of inertial fusion target fabrication in the USA[J]. Fusion Engineering and Design, 1999, 44(1/4): 441-448.
- [8] WANG X Ch. Preparation and characterization of LiNbO_3 thin films on silicon substrate by pulsed laser deposition[D]. Hangzhou: Materials Physics & Chemistry of Zhejiang University, 2005:45-46 (in Chinese).
- [9] WU L, SOLOVYOV S V, WIESMANH J N, *et al.* Twin boundaries and critical current densities of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ thick films fabricated by the BaF_2 process[J]. Superconductor Science and Technology, 2003, 16(10): 1127-1133.
- [10] NAKATA Y, GUNJI S, OKADA T, *et al.* Fabrication of LiNbO_3 thin films by pulsed laser deposition and investigation of nonlinear properties[J]. Applied Physics, 2004, A79(4/6): 1279-1282.
- [11] LIU D Sh, ZHONG Sh Y, DU Y L, *et al.* Study of LiCoO_2 thin film grown under different oxygen pressure by pulsed laser deposition[J]. Journal of Synthetic Crystals, 2008, 37(2): 500-503 (in Chinese).
- [12] VOEVODIN A A, DONLEY M S. Preparation of amorphous diamond-like carbon by pulsed laser deposition: a critical review[J]. Surface and Coatings Technology, 1996, 82(3):199-213.
- [13] BONELLI M, FERRARI A C, FIORABANTI A, *et al.* Structure and mechanical properties of low stress tetrahedral amorphous carbon films prepared by pulsed laser deposition[J]. The European Physical Journal, 2002, B25(2):269-280.

(上接第 534 页)

- optical burst switching with limited fiber delay lines[J]. Acta Photonica Sinica, 2002, 31(10):1190-1194 (in Chinese).
- [6] HERNANDEZ J A, ARACIL J, PEDRO L D, *et al.* Analysis of blocking probability of data bursts with continuous-time variable offsets in single-wavelength OBS switches[J]. Journal of Lightwave Technology, 2008, 26(12):1559-1568.
- [7] KLINKOWSKI M, CAREGLIO D, SOLE-PARETA J, *et al.* Performance overview of the offset time emulated OBS network architecture [J]. Journal of Lightwave Technology, 2009, 27(14):2751-2764.
- [8] LIU Y, QIU Q. Research of FDL structure in OBS core node[J]. Laser Technology, 2005, 29(6):572-578 (in Chinese).
- [9] BI F J, ZHANG M, YE P D. A novel prioritized scheme for contention resolution in optical burst switched networks[J]. Acta Photonica Sinica, 2005, 34(6):900-904 (in Chinese).
- [10] HOU R, SUN J Q, DING P F. Study on a priority based contention resolution for optical burst switching networks[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2006, 28(4): 747-751 (in Chinese).