

WDM 光网络中虚拓扑重构算法研究

钟 华

(武汉工程大学 计算机科学与工程学院, 湖北 武汉 430073)

摘 要:介绍了 WDM 光网络中当网络需求发生改变时, 如何对现有的光网络进行重构, 从而达到既满足新的业务量需求; 又使原来的虚拓扑改变尽量少; 同时使正在运行的分组数据没有任何损伤(或损伤小), 即实现无损伤重构。方法的主要思想是通过光连通性去测量在光路连通(以测量周期为基础定期地测量)情况下实际负载的业务量, 当遭遇到负载不平衡的时候, 可以通过去卸载一条轻负载的光路或者重新建立一条新的光路当拥塞发生的时候去解决。并且引入光路负载上的高和低的水印参数去探测任何没有被充分利用的光路。对虚拓扑进行重构提出一种自适应启发式算法。

关键词: WDM; 虚拓扑重构; 水印参数; 自适应启发式算法

中图分类号: TP393.03

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2007)05-0217-04

Research about Algorithm of Reconfiguration of Virtual Topology in WDM Network

ZHONG Hua

(School of Computer Science and Technology, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430073, China)

Abstract: Introduce how to reconfigure the current virtual topology in order to satisfy the newly traffic demand. At the same time minimize the formal virtual topology change; keep the data on transport not interrupted when WDM network's traffic has been changed. These three questions must be considered on reconfigure virtual topology. The key idea of approach is to adapt the underlying optical connectivity by measuring the actual traffic load on lightpaths continuously (periodically based on a measurement period) and reacting promptly to the load imbalances caused by fluctuations on the traffic, it is corrected either by tearing down a lightpath that is lightly loaded or by setting up a new lightpath when congestion occurs. Introduce high and low watermark parameters on lightpath loads to detect any over- or underutilized lightpath, and to trigger an adaptation step. Put forward the adaptation algorithm of reconfiguration of virtual topology.

Key words: WDM; reconfiguration of virtual topology; watermark parameters; adaptation algorithm

0 引 言

随着网络的普及, 人们对网络业务的需求迅速增长, 为了适应通信网传输容量的不断增长和满足网络交互性、灵活性的要求, 产生了各种复用技术。WDM (光波分复用) 技术的出现, 使通信网的传输效率得到了很大的提高。

WDM 是新一代的超高速的光缆技术, 所谓波分复用技术^[1], 就是在单一光纤内同步传输多个不同波长的光波。路由器面对的是光路, 光路的集合称为虚拓扑, 也称逻辑拓扑。两个路由器间若没有直达光路, 则需经其他路由器进行电的多跳连接。实际应用中, 业务量矩阵常随时间缓慢变化, 因此, 需要使虚拓扑随

着业务量变化而重构。虚拓扑重构^[2,3]要考虑 3 个问题: 确定在什么情况下需要重构的策略; 确定新的虚拓扑, 既考虑满足新的业务量需求, 同时又使原来的虚拓扑改变尽量少; 如何切换到新的虚拓扑结构而又不使正在运行的分组数据有任何损伤(或损伤小), 即实现无损伤重构。

在动态业务量下 WDM 网状网的虚拓扑自适应调整方案^[4~7], 采用定期的在线测量来观察当前每条光路上业务量的变化。在测量周期之末, 根据情况增加或拆除一条光路。具体地说, 当一条或多条光路上的业务量大于一个较大门限值时, 说明将发生拥塞, 就增加一条新的光路; 当一条光路上的业务量小于一个较小门限值时, 就拆除这条光路, 当然, 要将这条光路上的业务量转移到另外的光路上后才拆除, 以达到无损伤重构。文中还介绍两个系统参数^[8,9]去探测光路连接的有效性: 高水印 W_H 和低水印 W_L 。在检测周期的末尾, 如果一条或者几条光路的负载超过了 W_H , 一

收稿日期: 2006-07-19

作者简介: 钟 华(1981-), 男, 湖北武汉人, 硕士研究生, 研究方向为光网络; 导师: 蔡 琼, 硕士, 副教授, 研究方向为计算机应用技术。

条新的光路就被建立用来去减低这个负载。当一个连接的负载降低到低于 W_L , 如果存在一条可以转换的路径来传输这条光路所承载的业务量就可以释放这条连接。

1 问题描述

文中提出的自适应启发式算法的目标是在动态业务量条件下提供一个最优化的虚拓扑, 它既能保持光路负载的平衡, 又能在必要的时候改变虚拓扑的连接; 适应的过程要足够快而且能满足长时间业务量的波动, 又不能去扰乱正常的业务量传输, 同时为新的需求确定路由并分配波长, 以使一些性能指标(如全网平均跳数距离)达到最优。

在这里需要考虑以下一些问题: 是否当前的虚拓扑能够有效地传输当前的业务量; 是否应该改变当前的虚拓扑; 如果需要改变, 哪些光路应该被添加或者删除。这就要求对业务量进行周期的检测, 以保证能够提供准确的网络信息; 当当前虚拓扑不能满足当前需要或者利用率不高的时候, 需要决定采用哪种机制对当前虚拓扑进行重配置。下面定义一些问题解决中所需要用到的参数。

s 和 d 表示源和目标业务量的上标和下标。

i 和 j 表示一条光路的起始和终止节点。

m 和 n 代表一条光路中物理链路的节点。

网络中节点的总数 = N 。

物理拓扑矩阵 $P = \{P_{mn}\}$, P_{mn} 表示节点 m 和 n 之间的光路数目。 $P_{mn} = P_{nm}$, $m = 1, 2, \dots, N$ 和 $n = 1, 2, \dots, N$ 。

当前业务量矩阵 $\Lambda = \{\Lambda_{sd}\}$ 表示每个观测周期所有节点对之间的平均业务率(字节/秒), $\Lambda_{ss} = 0$, $s = 1, 2, \dots, N$ 。

当前虚拓扑 $V = \{V_{i,j,q}\}$, $V_{i,j,q}$ 是一个二元值, 表示节点 i 和 j 之间的第 q 条光路。 $V_{i,j,q} = 0$, $V_{i,j,0} = 0$, 如果节点 i 到节点 j 之间没有光路。 $V_{i,j,0} = V_{i,j,1} = \dots V_{i,j,k-1} = 1$ 和 $V_{i,j,k} = 0$, 如果节点 i 到节点 j 之间有 k 条光路。如果假定光路间不是双向的, $V_{i,j,q} = 0$ 不等于 $V_{j,i,q} = 0$ 。

每根光纤里的波长总数 = W 。

每个波长信道的传输能力是 C 比特/秒。

在节点 i 处的发射器和接受器的数目: 分别是 T_i 和 R_i 。

高水印值 = W_H , $W_H \in (0, 1)$, 如果 $W_H = 0.8$ 意味着这条光路超负载, 它的负载超过 $0.8 * C$ 。

低水印值 = W_L , $W_L \in (0, 1)$ 。

在光路周期测量的最高和最低光路负载分别是:

L_{Max}^P bit/s 和 L_{Min}^P bit/s。

变量:

二元物理路由变量 $p_{mn}^{ij,q} = 1$, 如果从节点 i 到节点 j 的第 q 条光路是通过物理连接 (m, n) 进行路由的。

新的虚拓扑: $V' = \{V'_{ij,q}\}$, 当 $V'_{ij,q}$ 被定义成和节点 $V_{ij,q}$ 类似使得 V' 最多有一条光路和 V 不同。

业务量路由: 二元变量 $r_{ij,q}^{sd}$ 是 1, 当从节点 s 到节点 d 的业务量经过 $V'_{ij,q}$, 否则为 0。定义 $r_{ij,q}^{sd} = 0$ 。从 s 到 d 的业务量不能分为两部分, 例如所有从 s 到 d 的业务量将不能通过同一条路径。

在网络中的最大的负载光路记作: L_{max} 。

2 最优化算法

(1) 尽可能地减少网络负载光路中的最大负载。

可以在新的虚拓扑里通过添加或者删除一条最有可能的光路去平衡网络负载来达到这个目标。

在物理拓扑上:

$$\forall i, j, q, \sum_n p_{mn}^{ij,q} = V'_{ij,q} \quad (1)$$

$$\forall i, j, q, \sum_n p_{ni}^{ij,q} = V'_{ij,q} \quad (2)$$

$$\forall i, j, q, l, \sum_n p_{ni}^{ij,q} - \sum_n p_{ln}^{ij,q} = 0, i \neq l \text{ 和 } j \neq l \quad (3)$$

$$\forall m, n, \sum_i \sum_j \sum_q p_{mn}^{ij,q} \leq W * P_{mn} \quad (4)$$

$$\forall m, n, i, j, q, p_{mn}^{ij,q} \leq V'_{ij,q} \quad (5)$$

等式(1) 确保一条光路上仅仅有一条从源节点输出的物理链接。等式(2) 确保一条光路上仅仅有一条从目的节点输入的物理链接。等式(3) 确保在一条光路中任意一个中介节点中的输入和输出链接是相等的。等式(4) 确保两个节点间的波长总数被限制在(光纤连接数目) * W 之内。等式(5) 阐明仅仅当这条光路存在的时候才会去指派这条物理链接。

在虚拓扑链接上:

$$\sum_i \sum_j \sum_q V'_{ij,q} = \sum_i \sum_j \sum_q V_{ij,q} + k_H - (1 - k_H) * k_L \quad (6)$$

这里

$$k_H = \left[\frac{L_{Max}^P}{C} - W_H \right] \text{ 和 } k_L = \left[W_L - \frac{L_{Min}^P}{C} \right],$$

$$\forall i, j, q, [1 + 2 * (k_H - 1) * k_L] * (V'_{ij,q} - V_{ij,q}) \geq 0 \quad (7)$$

注意 k_H 和 k_L 的值是二元的, 它们是通过用在光测量周期测量出的最大和最小的光路负载来计算得出的。当一条或多条光路超负载时 k_H 是相同的。这将确保一条新的光路将被添加到虚拓扑里面。当一条或多条光路的负载低于低水印值的时候 k_L 的值是一致的。在

$k_H = 0$ 的情况下, 一条光路将被删除。因此, 给出添加光路的优先级要比删除一条光路的优先级高, 以更好地满足业务量。等式(6) 具体地描述在新的虚拓扑里面光路的总数量。等式(7) 确定新的虚拓扑应该是由原来虚拓扑中保留的一些光路加上添加或者删除的一条光路而组成。

虚拓扑业务量变量:

$$\forall s, d, l, q, \sum_i r_{il,q}^{sd} - \sum_i r_{li,q}^{sd} = \begin{cases} 1, l = d \\ 0, l \neq s \text{ 和 } l \neq d \\ -1, l = s \end{cases} \quad (8)$$

$$\forall s, d, i, j, q, r_{ij,q}^{sd} \leq V'_{ij,q} \quad (9)$$

$$L_{Max} \leq C * W_H \quad (10)$$

$$\forall i, j, q, \sum_s \sum_d \Lambda_{sd} * r_{ij,q}^{sd} \leq L_{Max} \quad (11)$$

等式(8) 是一个多元等式, 控制虚拓扑链接上的路由信息包数量。等式(9) 确保业务量必须经过一条已经存在的光路。等式(10) 限制了任何一条光路的传输容量。等式(11) 限制任何一条光路上的负载必须低于或者等于最大负载 L_{Max} 。

对收发器:

$$\forall i, \sum_j \sum_q V'_{ij,q} \leq T_i \quad (12)$$

$$\forall j, \sum_i \sum_q V'_{ij,q} \leq R_j \quad (13)$$

等式(12)和(13)限定了在所有光路中起始和终止节点处转发器和接受器的总数目。上面的等式给出了虚拓扑最好选择调整哪条光路。

(2)使光路改变的条数最少。

在这个部分, 重点在如何减少光路的数目和如何尽可能地减少重配置中改变光路的数目。为新的业务量找一个最佳的虚拓扑。查找一个虚拓扑的方法应该遵循: 在原虚拓扑的基础上改变最小。

3 自适应算法

在这里提出了一种阶段重配置算法, 当连续不断地对业务量波动进行观测的时候, 只是在需要的时候对虚拓扑进行简单的更新。文中方法的主要思想是当拥塞发生时建立新的光路或者当光路没有被充分利用的时候就卸载这些光路。经常需要发生改变的虚拓扑不符合要求, 在选择的业务量观测时间周期的长度和直接引起虚拓扑改变的参数(一条光路的添加或删除)时应该慎重。

观测周期的长度是一个可以依据具体网络业务量进行选择 and 改变的参数。它详细说明了自适应算法应用的频率。用当前虚拓扑的光路负载作为自适应算法起始函数的输入。因此在每条链接上都完全负载平衡

是不太实际或者是不可能实现的, 我们的目标是维持类似平衡的虚拓扑链接。可以这样定义一个类似虚拓扑平衡:

$$V = \{V_1, V_2, \dots, V_k\}$$

$$W_L \leq \delta(V_i) \leq W_H, i = 1, 2, \dots, k$$

在这里 k 是在虚拓扑中通过 V 的光路的数目, $\delta(V_i)$ 是第 i 条光路的负载, W_L 和 W_H 是低水印和高水印值。自适应算法的目的是保持每条虚拓扑负载在两端间。在一个观测周期末, 如果一条或者多条光路的负载高于 W_H , 光路 V_{max} 将被认为有最大负载 $\delta_{max} = \delta(V_{max})$, 一条新的光路将被建立去减小 δ_{max} 。新的光路 V_{new} 应该至少承载一条以前 V_{max} 中传输的业务量。因此, 当一条新的光路被建立以后, V_{max} 的负载将被减少。在一种极端情况下, 可以设置 $W_H = 100$ 和 $W_L = 0$, 最大程度地减小虚拓扑的改变但也减少了网络对动态业务量改变的快速反应能力。业务量的特征决定了应该对水印值进行适当选择。

这里有几种方式去选择哪些源节点和目的节点之间需要添加新的光路。我们选择在多次反射业务量光路 V_{Max} 的终端节点之间去建立一条光路。这样做, 希望 δ_{Max} 有明显的减少。如果 V_{Max} 紧紧承载单链接业务量, 只需要在 V_{Max} 中的终端节点中简单地添加一条新的光路。

当虚连接的负载降低到低于 W_L , 不管由于业务量的动态改变或者由于原来拓扑业务量路由的改变, 运算法则将释放这条链接, 除非它是一个业务量经过的惟一路径。在删除负载不充分光路之后的主要目的是当网络资源不能有效利用的时候, 释放网络资源, 当新的光路被建立以后必须被充分利用。在一些情况下, 可能因为删除一条光路导致另一条光路的拥塞, 相反要去添加一条新的光路。

当一条光路被添加或者删除, 所有业务量流动的路由都将被重新计算。有时候, 由于一些业务量路由的改变, 新的超负载或者负载不足的光路可能产生, 但是这是自适应过程的一部分和显示它将有利的去添加或者删除更多的光路。因此, 很少的步骤可能会有助于虚拓扑达到负载平衡的状态。

4 仿真结果

在自适应算法中, 观测周期时间的选取和水印参数值的选取, 对整个算法的性能有极大的影响。在这里通过网络仿真技术, 在不同参数值下, 对网络的虚拓扑的平均调整次数、光路数目、平均跳跃距离和网络的效率进行了观测(如图1、图2所示)。

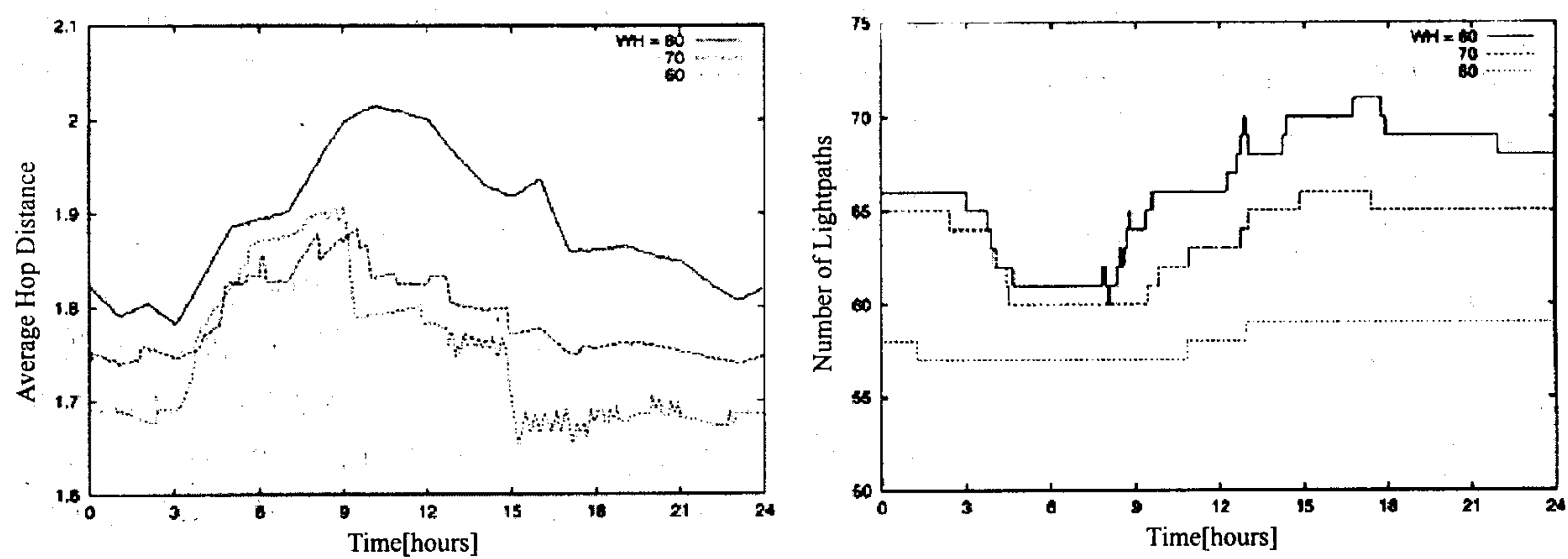


图 1 $W_H=80,70,60$ 的情况下平均跳跃次数、光路数目和时间的关系

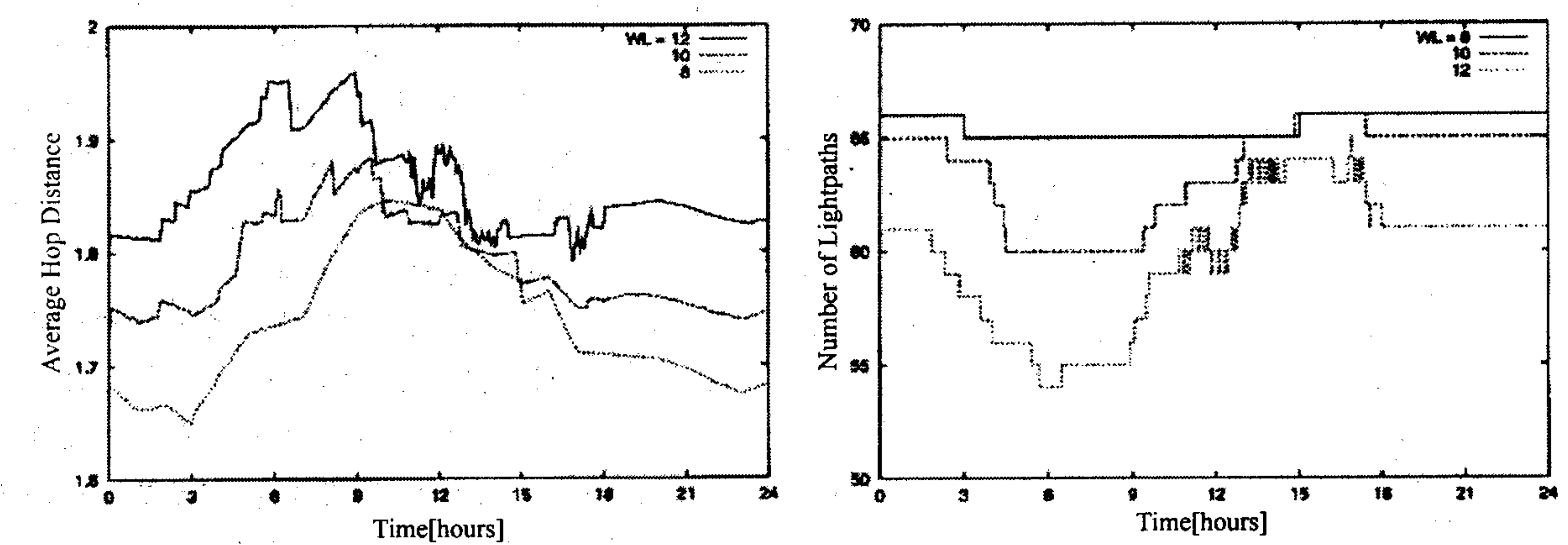


图 2 $W_L=12,10,8$ 的情况下平均跳跃次数、光路数目和时间的关系

(1)水印参数值。

从仿真观测的结果,可以看出当 W_H, W_L 值越大的时候,平均跳跃距离就会越大,所需要的光路数也越多,如果 W_H, W_L 值太小的话,就容易造成每条光路上的负载过大,使虚拓扑重构的次数增多,增加了额外的网络开销。因此对 W_H, W_L 值的选取,必须根据不同网络的情况而定,对复杂大型使用频率比较高的网络 W_H, W_L 的值应该选取得稍微大一点。相反,对于简单小型使用频率比较低的网络 W_H, W_L 值可以相对选取比较小的值。

(2)观测周期。

表 1 观测时间周期对调整次数以及调整可能性的影响

观测周期时间 (s)	一天需要观测 的次数	平均调整次数	调整的可能性 (%)
100	864	12.33	1.4
200	432	12.17	2.8
400	216	14	6.5
800	108	17.5	16.3

这里的观测结果是在 $W_H = 70$ 和 $W_L = 10$ 的条件下进行观测的。可以看出观测周期越小平均调整次数就会越少,但是调整的复杂程度就越高,观测周期越

大平均调整次数就越多,但是调整的复杂程度就越低。因此对观测周期值的选取也应该根据网络的具体情况,取适当的值。

5 结 论

文中提出了一种变更的自适应方法,当在每一步允许多条光路改变的时候,结果显示大部分时间里在一个观测周期每次只有一条光路的改变更有利于去保持负载的平衡。这里介绍了两个系统参数:高水印值和低水印值,用于探测任何超负载或者没有充分利用的光路。通过网络仿真显示水印参数和观测周期两个参数的选取对虚拓扑重构以及网络性能的影响。

参考文献:

[1] Dutta R, Rouskas G N. A survey of virtual topology design algorithms for wavelength routed optical networks[J]. Optical Networks Magazine, 2000, 1(1): 73-89.

[2] Ramamurthy B, Ramakrishnan A. Virtual topology reconfiguration of wavelength - routed Optical WDM Networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas In Communication, 2000, 1(1): 840-851.

[3] Mukherjee B, Bala K. Principles for designing a wide - area

就是人脸图像对应于特征值 λ_i 的特征向量,将 λ_i 按降序排列,并选取最大的 250 个特征值所对应的特征向量构成图像变换矩阵 U ,占有人脸特征总量的 90% 以上,已基于涵盖了人脸的主要特征。

对于任何一幅人脸图像,都可以求出其与平均脸之差在变换空间 U 上的投影向量 $P_r(x, y)$,即 $P_r(x, y) = U^T(P_L(x, y) - \mu(x, y))$,其中, $P_r(x, y)$ 是一个 250 维的向量,也就是人脸图像 $P_L(x, y)$ 经过特征提取后的代数特征。此时人脸图像的维数已大大降低,同时保留了绝大部分的有效特征信息。

4 结束语

通过以上这三种方法的详细比较,得出如表 1 所示的结论。

表 1 三种人脸特征提取方法的比较

提取方法	优点	最适合使用的范围
基于积分投影的人脸图像特征点的提取	对人脸进行定位也特别的精确,而且存储量也不大	标准证件类型的黑白照
基于小波分解频谱性分析的人脸特征提取	对人脸图像进行多分辨率小波分解,取得该图像的特征向量,大大降低了图像的存储空间和计算的复杂性	对复杂图像处理系统,如医疗影像处理
基于 SVD 分解的特征提取	有效地减弱了光照和表情的负面影响,处理后的正确率很高。计算复杂度也不高	保留了人脸图像的绝大部分有效调整,可作为有后续的识别过程所做的前期工作

人脸识别是一个跨学科富挑战性的前沿课题,但目前人脸识别还只是研究课题,尚不是实用化领域的活跃课题。由于人脸识别的理论还不完善,具体算法的实现也有很多的因素待研究,因此计算机人脸识别的实用化还需要众多研究人员的不懈努力。随着人脸识别技术的发展,理论不断完善,各种方法的取长补短,

新的人脸特征提取方法将会得到发现、改进和完善,人脸识别技术的实际应用是未来的研究重点。

参考文献:

- [1] Bledsoe W. Man-machine facial recognition[M]. Palo Alto, CA: Panoramic Research Inc, 1966.
- [2] Berto R, Poggio T. Face recognition: Feature versus templates [J]. IEEE Trans on PAMI, 1993, 15(10): 1042-1052.
- [3] Lam K M, Yan H. An analytic-to-holistic approach for face recognition based on a single frontal view[J]. IEEE Trans on PAMI, 1998, 20(7): 673-687.
- [4] Lanitis A, Taylor C J, Cootes T F. Automatic interpretation and coding of face images using flexible models[J]. IEEE Trans on PAMI, 1997, 19(7): 743-756.
- [5] Nakamura O, Mathur S, Minami T. Identification of human face based on isodensity maps[J]. Pattern Recognition, 1991, 24(3): 263-272.
- [6] Lades M, Vorbuggen J, Buhmann J, et al. Distortion invariant object recognition the dynamic link architecture [J]. IEEE Trans on Computers, 1991, 42(3): 300-311.
- [7] Samaria F, Young S. HMM-based architecture for face identification[J]. Image and Vision Computing, 1994, 12(8): 537-543.
- [8] 刘向东, 陈兆乾. 人脸识别技术的研究[J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(7): 1074-1080.
- [9] 李小红. 基于积分投影的人脸图像的特征提取[J]. 计算机仿真, 2004, 21(12): 189-191.
- [10] 赖剑煌, 阮邦志, 冯国灿. 频谱脸: 一种基于小波变换和 Fourier 变换的人像识别新方法[J]. 中国图象图形学报, 1999, 4(10): 811-817.
- [11] 杨洁, 冯力刚, 蒋加伏. 基于小波变换的频谱特性及人工免疫的人脸识别[J]. 计算机仿真, 2004, 21(12): 176-178.
- [12] Hong Ziquan. Algebraic feature extraction of image for recognition[J]. Pattern Recognition, 1991, 24(3): 211-219.

(上接第 220 页)

- optical networks[J]. IEEE Trans Networking, 1996, 4: 684-696.
- [4] Arakawa S, Murata M. On incremental capacity dimensioning for reliable IP over WDM networks[C]//IEEE Proc of Opticomm. Denver, CO: [s. n.], 2001: 153-162.
- [5] Ramaswami R, Sivarajan K N. Design of logical topologies for wavelength-routed optical networks[J]. IEEE J Select Areas Commun, 1996, 14: 840-851.
- [6] Krishnaswamy R M, Sivarajan K N. Design of logical topologies: A linear formulation for wavelength-routed optical networks with no wavelength changers[J]. IEEE/ACM Trans Networking, 2001, 9: 186-198.
- [7] Dutta R, Rouskas G N. A survey of virtual topology design algorithms for wavelength routed optical networks[J]. Opt Networks Mag, 2000, 1(1): 73-89.
- [8] Labourdette J-F P, Acampora A S. Logically rearrangeable multihop lightwave networks [J]. IEEE Trans Commun, 1991, 39: 1223-1230.
- [9] Dutta R, Rouskas G N. Optical WDM networks: Principles and practice[C]//in Design of Logical Topologies for Wavelength Routed Networks. Norwell, MA: Kluwer, 2000: 79-102.