Journal of educational equipment: Applied research, Volume 2, 327 (December 2024)
ISSN 1859 - 0810

Chất lượng dịch vụ trong DWDM

Đỗ Hữu Hậu*
** Khoa điện tử, Trường Cao đẳng nghề Cần Thơ*
Received: 2/12/2024; Accepted: 12/12/2024; Published: 26/12/2024

Abstract: *The quality of service (QoS) is an important and considerable issue in designing survivable dense wavelength division multiplexing (DWDM) backbones for IP networks. This paper investigates the effect of network topology on QoS delivering in survivable DWDM optical transport networks and design flexibility metrics. The simulation results, a highly connected topology that containing 18 nodes and 35 links, and a less connected topology that containing 21 nodes with 27 links, demonstrate that the network topology has a great influence on QoS delivering by network at optical layer for different applications.*

Keywords: *Network topology, survivability, QoS, DWDM.*

1. Giới thiệu

Trong trường hợp có sự cố, việc dự phòng dịch vụ là bài toán chủ yếu trong mạng đường trục DWDM thế hệ sau. Trong công nghệ DWDM, một sợi quang có thể cung cấp dung lượng lên tới nhiều Tbit/s bằng cách ghép kênh theo bước sóng [1], vì vậy việc một sợi quang gặp sự cố có thể dẫn đến mất mát một dung lượng truyền dẫn rất lớn vốn ảnh hưởng nghiêm trọng lên việc cấp phát QoS cho các ứng dụng [2]. Do đó, khả năng thay đổi đường hoạt động và đường dự phòng là vấn đề sống còn trong thiết kế khả năng chịu lỗi của mạng quang DWDM [3]. Mạng khả dụng là mạng có thể hoạt động với hiệu năng chấp nhận được khi có sự cố nhờ vào nguồn tài nguyên dự phòng trước [4], bài toán này được gọi là NP-hard [5]. Các nhà nghiên cứu và kỹ sư mạng sử dụng các phương pháp ILP (integer linear programing)và thuật toán heuristic để thiết kế mạng đường trục khả dụng tối ưu cho các ứng dụng khác nhau như dữ liệu, thoại và video.

Thuật toán bảo vệ như vậy tối thiểu hóa băng thông sử dụng và nó không phù hợp với nhu cầu QoS vốn cố gắng mở rộng băng thông sử dụng [6]. QoS ám chỉ khả năng mạng ưu tiên cho một ứng dụng thông qua việc phân loại ứng dụng. Mặc dù QoS không trực tiếp đảm bảo rằng hệ thống luôn sẵn sàng vận hành tại mọi thời điểm nhưng nó ảnh hưởng trực tiếp lên khả năng tồn tại của mạng [3]. Về tổng quát, yêu cầu QoS làm tăng việc sử dụng tài nguyên mạng, vốn có được bằng cách tương nhượng băng thông. Bài báo này tập trung vào việc nghiên cứu ảnh hưởng của cấu hình mạng lên việc phân bố QoS trong mạng quang DWDM khả dụng đối với các ứng dụng nhạy với băng thông và độ nhạy.

Các đề mục tiếp theo của bài báo này như sau: mục 2 trình bày công thức toán về quản lý băng thông và độ trễ truyền dẫn QoS. Mục 3 trình bày kết quả mô phỏng và phân tích ảnh hưởng của cấu hình mạng; mục 4 là phần kết luận.

2. Phát biểu bài toán

Cấu hình mạng được biểu diễn bằng Graph có hướng $G(N,L)$, trong đó $N = \{n_1, n_2, ..., n_N\}$ đại diện cho các nút mạng và $L = \{l_1, l_2, ..., l_L\}$ là các liên kết (tuyến) trong mạng. $W = \{\omega_1, \omega_2, ..., \omega_{\bar{W}}\}$ là các bước sóng trong một liên kết. Ma trận yêu cầu $T\left[d_{(o,d)}\right]_{\bar{N}\times\bar{N}}$ là ma trận yêu cầu QoS giữa hai nút mạng o và d [o = origin (nguồn) và d = destination (đích)]. Các đường khả dụng giữa hai nút mạng được tính toán trước bằng thuật toán tìm k đường ngắn nhất.

2.1. Tối ưu hóa băng thông

Việc phân bố QoS yêu cầu sự tương nhượng giữa băng thông mạng và yêu cầu của ứng dụng. Gọi P là số lượng đường hoạt động, S là số lượng đường dự phòng, $b_{od}^{\ p}$ là băng thông chiếm dụng của đường hoạt động và $b_{od}^{\ s}$ là băng thông chiếm dụng của đường dự phòng giữa hai nút (o,d). Vì mục đích kinh tế, chúng ta mong muốn băng thông chiếm dụng bởi đường hoạt động và đường dự phòng giữa hai nút (o,d) là tối thiểu được viết dưới dạng biểu thức toán học là:

$$B = \text{minimize}\left\{\sum_{(o.d)}\left(b_{od}^{p} + b_{od}^{s}\right)\right\} \qquad (1)$$

Trong đó

$$b_{od}^{p} = \sum_{l\in P}\sum_{\omega\in W}\omega_{W}^{k,od}, \forall(o,d)\in T \qquad (2)$$

$$b_{od}^{s} = \sum_{l\in S}\sum_{\omega\in W}\omega_{S}^{k,od}, \forall(o,d)\in T \qquad (3)$$

Biến quyết định $\omega_W^{k,d}$ ($\omega_S^{k,d}$) được gán bằng 1 nếu đường hoạt động (dự phòng) thứ k giữa hai nút (o,d) sử dụng bước sóng ω, ngược lại gán bằng 0.

Giới hạn về dung lượng của liên kết: Tổng số lượng

Journal of educational equipment: Applied research, Volume 2, Issue 327 (December 2024)
ISSN 1859 - 0810

các bước sóng bị chiếm dụng, cả ở đường hoạt động lẫn đường dự phòng trên mỗi liên kết không vượt quá số lượng bước sóng trên liên kết này W.

$$f_l^w + f_l^s \le \mathrm{W},\ \forall l \in L \qquad (4)$$

Giới hạn cơ bản: Mỗi liên kết giữa hai nút (o,d) phải thỏa mãn yêu cầu giữa hai nút này.

$$\sum_{w=1}^{W} w_w^d = d_{(o,d)}, \forall (o,d) \in T \qquad (5)$$

$$\sum_{w=1}^{W} s_w^d = d_{(o,d)}, \forall (o,d) \in T \qquad (6)$$

Giới hạn về chiếm dụng bước sóng: Một bước sóng chỉ có thể hoặc dành cho đường hoạt động hoặc dành cho đường dự phòng.

$$w_w + s_w \le 1, \forall w \in W \qquad (7)$$

Giới hạn về tính tách rời: Đường hoạt động và đường dự phòng (P,S) giữa hai nút (o,d) phải là liên kết tách rời nhau (để không gặp sự cố cùng một lúc) sao cho chỉ có thể xảy ra một sự cố đơn.

$$P_{(o,d)}^w \cap P_{(o,d)}^s = \Phi, \forall (o,d) \in T \qquad (8)$$

2.2. Yêu cầu QoS

Đối với các ứng dụng nhạy với độ trễ, yêu cầu QoS là tìm đường đi giữa hai nút (o,d) có độ trễ truyền dẫn nhỏ nhất. Gọi $d_{od}^{\ p}$ là độ trễ truyền dẫn của đường hoạt động và $d_{od}^{\ s}$ là độ trễ truyền dẫn đường dự phòng giữa hai nút (o,d), yêu cầu QoS được viết:

$$D = \text{minimize}\left\{ \sum_{(o,d)} \left(d_{od}^p + d_{od}^s \right) \right\} \qquad (9)$$

Trong đó

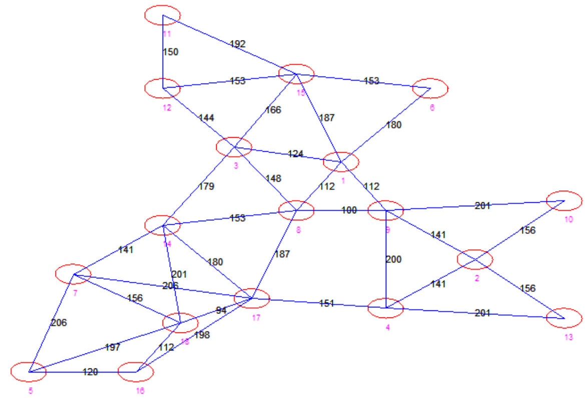
$$d_{od}^p = \sum_{l \in P} d_l, \forall (o,d) \in T \qquad (10)$$

$$d_{od}^s = \sum_{l \in S} d_l, \forall (o,d) \in T \qquad (11)$$

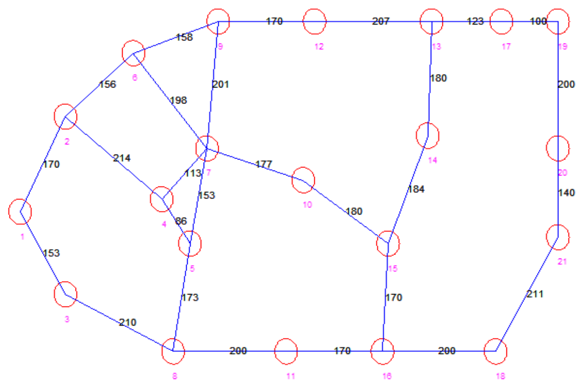
Với d_l là độ trễ của liên kết l vốn tỉ lệ thuận với chiều dài của nó. Ngoài ra, $d_{od}^{\ p}$ ($d_{od}^{\ s}$) phải nhỏ hơn độ trễ lớn nhất có thể chấp nhận được trên đường hoạt động và đường dự phòng giữa hai nút (o,d). Độ trễ này cũng cần nhỏ hơn độ trễ lớn nhất có thể chấp nhận được trong ma trận yêu cầu D^{max} (điều kiện này sẽ loại bỏ các giải pháp kém chất lượng ra khỏi danh sách các đường ứng cử với chi phí tính toán tối thiểu).

3. Kết quả mô phỏng

Mục này mô tả vài kết quả mô phỏng của mạng quang DWDM khả dụng với thuật toán tối ưu hóa băng thông và độ trễ. Tôi thực hiện mô phỏng này bằng MATLAB để minh họa ảnh hưởng cấu hình mạng lên việc phân bố QoS, tôi xét hai mạng tương phản nhau được trình bày trong hình 1 là mạng có mật độ kết nối cao với 18 nút 35 liên kết. Mạng hình 2 có mật độ kết nối ít hơn với 21 nút 27 liên kết.



Hình 1: Mạng 18 nút



Hình 2: Mạng 21 nút

Hai cấu hình này là đại diện cho cấu hình lưới thông dụng trong thiết kế mạng quang khả dụng. Tất cả các liên kết thuộc lớp vật lý đều là song hướng và tất cả các nút đều có khả năng chuyển đổi bước sóng đầy đủ. Tôi giả định rằng độ trễ truyền dẫn trên mỗi liên kết bằng 5 µs/km [8]. Tôi sử dụng thuật toán đơn giản nhưng hiệu quả là thuật toán first-fit (FF) để gán bước sóng. Nên chú ý rằng tính hiệu quả của thuật toán first-fit không có ảnh hưởng gì ở đây vì chúng ta đã giả định sự chuyển đổi bước sóng ở tất cả các nút là đầy đủ. Thật vậy, trong trường hợp này khi không có giới hạn về tính liên tục của bước sóng, mọi thuật toán gán bước sóng đều có hiệu năng như nhau.

3.1. Đánh giá băng thông và độ trễ truyền

Tôi đã nghiên cứu ảnh hưởng của thuật toán tối ưu hóa băng thông (Banwidth Optimization Scheme - BOS) và thuật toán tối ưu hóa độ trễ truyền dẫn (Delay Optimization Scheme - DOS) lên bài toán định tuyến và gán bước sóng (Routing Wavelength Assignment - RWA) [9], yêu cầu về đích đến tại một nút đều được gửi đến tất cả các nút còn lại. Số bước sóng yêu cầu trên mỗi nút là λ = 40. Kết quả mô phỏng đối với BOS và DOS được trình bày từ bảng 1 đến bảng 6.

Bảng 1: Tổng băng thông và thời gian trễ của mạng 18 nút khi một số lightpath được định trước

Thuật toán	Băng thông	Thời gian trễ [s]
BOS	111	0,02673
DOS	119	0,025495

Bảng 2: Tổng băng thông và thời gian trễ của mạng 18 nút khi không có sự cố

Thuật toán	Băng thông	Thời gian trễ [s]
BOS	3171	0,3661
DOS	4835	0,2960

Bảng 3: Tổng băng thông và thời gian trễ của mạng 18 nút khi có sự cố đứt đoạn

Thuật toán	Băng thông	Thời gian trễ [s]
BOS	4005	0,4315
DOS	5779	0,3025

Bảng 4: Tổng băng thông và thời gian trễ của mạng 21 nút khi một số lightpath được định trước

Thuật toán	Băng thông	Thời gian trễ [s]
BOS	481	0,068285
DOS	467	0,068275

Bảng 5: Tổng băng thông và thời gian trễ của mạng 21 nút khi không có sự cố

Thuật toán	Băng thông	Thời gian trễ [s]
BOS	10547	0,6382
DOS	10851	0,6155

Bảng 6: Tổng băng thông và thời gian trễ của mạng 21 nút khi có sự cố đứt đoạn

Thuật toán	Băng thông	Thời gian trễ [s]
BOS	11501	0.6575
DOS	11795	0.6226

Từ kết quả trên chúng ta có thể thấy rằng trong cả ba trường hợp khi sử dụng thuật toán BOS và DOS thì mạng 18 nút 35 liên kết có sự thay đổi về băng thông và độ trễ nhiều hơn so với mạng 21 nút 27 liên kết. Trong trường hợp khi mạng có sự cố đứt đoạn có nghĩa là cấu hình mạng thay đổi và đồng thời liên kết của mạng giảm đi, cho nên sự thay đổi về băng thông và độ trễ truyền giữa hai thuật toán BOS và DOS cũng giảm so với trường hợp mạng hoạt động tốt. Hiệu năng trong mạng 21 nút không có sự cải thiện nào đã cho thấy vai trò của cấu hình mạng cũng như số lượng liên kết ảnh hưởng lên hiệu năng hệ thống bởi vì có rất ít sự lựa chọn đường định tuyến trong mạng này.

3.2. Tính linh hoạt của thiết kế

Quan hệ của độ trễ theo băng thông rất khó tìm, vì vậy người ta thường đánh giá hệ thống thông qua độ linh hoạt của mạng. Chúng ta định nghĩa độ linh hoạt của thiết kế (theo phần trăm) theo phương trình (12), trong đó χ có thể là băng thông hoặc độ trễ đều được [nếu χ là băng thông thì chúng ta có độ linh hoạt về băng thông, còn χ là độ trễ thì chúng ta có độ linh hoạt về độ trễ], còn chỉ số *B* và *D* ở trên tương ứng với phương án sử dụng là BOS hay DOS. [10]

$$\zeta = 100\frac{\left|\chi^B - \chi^D\right|}{\chi^B} \qquad (12)$$

3.2.1. Tính linh hoạt thiết kế của mạng 18 nút

a.Trường hợp các lightpath định trước

-Tính linh hoạt về băng thông

$$\zeta = 100\frac{|111-119|}{111} = 7{,}2\%$$

-Tính linh hoạt về độ trễ truyền

$$\zeta = 100\frac{|0{,}002673 - 0{,}025495|}{0{,}02673} = 4{,}6\%$$

b.Trường hợp mạng khi không có sự cố

-Tính linh hoạt về băng thông

$$\zeta = 100\frac{|3171-4835|}{3171} = 52{,}5\%$$

-Tính linh hoạt về độ trễ truyền

$$\zeta = 100\frac{|0{,}3661 - 0{,}2960|}{0{,}3661} = 19{,}2\%$$

c.Trường hợp mạng có sự cố đứt đoạn 8 – 9

-Tính linh hoạt về băng thông

$$\zeta = 100\frac{|4005 - 5779|}{4005} = 44{,}3\%$$

-Tính linh hoạt về độ trễ truyền

$$\zeta = 100\frac{|0{,}4315 - 0{,}3025|}{0{,}4315} = 29{,}9\%$$

3.2.2. Tính linh hoạt thiết kế của mạng 21 nút

a.Trường hợp một số lightpath định trước

-Tính linh hoạt về băng thông

$$\zeta = 100\frac{|481-467|}{481} = 2{,}9\%$$

-Tính linh hoạt về độ trễ truyền

$$\zeta = 100\frac{|0{,}068285 - 0{,}068275|}{0{,}068285} = 0{,}02\%$$

b.Trường hợp mạng khi không có sự cố

-Tính linh hoạt về băng thông

$$\zeta = 100\frac{|10547-10851|}{10547} = 2{,}9\%$$

-Tính linh hoạt về độ trễ truyền

$$\zeta = 100\frac{|0{,}6382 - 0{,}6155|}{0{,}6382} = 3{,}6\%$$

(Xem tiếp trang 113)