

ABSTRACT

Broadband services today demand outstanding performance of the broadband networks to carry huge traffic and, at the same time, to detect an interruption due to network element failures and to survive from that critical condition. In a Wavelength Division Multiplexing (WDM) network with data rate of 100 Gbps (or even nearly 50 Tbps), the impact on the link or node failure is exacerbated by the extremely-high volume of traffic. An interruption means a huge revenue loss. Thus, optical link survivability has an imperative role in the failure handling in high-speed optical networks.

The optical network restoration is categorized into three types: link, path and subpath restoration. In optical network survivability, link-based and subpath-based restorations have been discussed in many papers. One problem of all those restorations is that a connection would be dropped due to the unavailable network resources.

This thesis proposes Link-Based and Subpath-Based Hybrid Restoration scheme (LINKSPATH). It is a hybrid restoration scheme formed by two well-known restoration methods, the link-based and subpath-based methods. Both restoration schemes utilize Dijkstra algorithm in calculating shortest route (of link-based) and shortest subpath (of subpath-based) and are run in parallel. All alternative routes and subpath are pre-calculated in connection setup session. LINKSPATH also calculates recovery time for both alternative route and subpath. The calculation results of these two methods are compared and stored in a buffer as two options with different priority. In case of a link failure occurs, the connection is rerouted to the previously calculated backup route or subpath.

LINKSPATH applies a selection process to choose a pre-calculated backup route with the smallest recovery time and tag it as *primary backup* and *secondary backup* for the other one. In case of the primary backup is unavailable the secondary backup then takes the role. In worst case, the second backup route or path

might be unavailable as well, due to another link failure or node device failures. In this condition the traffic would be dropped and retransmission request would be sent to the source node. In this paper, the retransmission is assumed to be an end-to-end path-based restoration and would be compared to LINKSPATH to see the significance of this hybrid scheme.

In the experiment, 16 nodes and 22 bidirectional links NSFNET network model was used. The experiment shows that the LINKSPATH scheme has maximum restoration time of 122,40 ms and minimum value of 23.36 ms with the average restoration time of 72.27 milliseconds. The maximum delay due to LINKSPATH restoration is 148.87 ms, which is below 200 milliseconds of ANSI TR1.TR.68-2001 standard. This indicates that LINKSPATH would not jeopardy communication.

Most of LINKSPATH restorations have single alternative route, rather than two routes. Very small part of restorations with two alternative routes have full-backup redundancy. This means the full redundancy for all restorations as main objective could not be achieved.

Most of restorations utilized subpath-based rather than link-based. It is due to backhauling of link-based method (in some cases) and the system default which takes subpath-based when both methods result the same restoration time. However, both methods have had a role as backups to each other.

Compared to link-based and subpath-based individual performance, LINKSPATH achieved larger number of restorations with significance over retransmission time more than twofold and threefold. It is proven that LINKSPATH type of hybrid scheme has better performance than the forming methods.

The ratio of retransmission to LINKSPATH restoration time has to be more than one. If not, then it would reduce the effectiveness of the scheme. From the experiment, LINKSPATH effectiveness is only 78.62%. This means 21.38% of all restorations have larger restoration time compared to retransmission.

ABSTRAK

Layanan broadband saat ini menuntut kinerja yang luar biasa dari jaringan broadband untuk membawa trafik komunikasi yang sangat besar, mendeteksi gangguan akibat kegagalan elemen jaringan pada saat yang sama, serta bertahan dari kondisi kritis. Dalam jaringan Wavelength Division Multiplexing (WDM) dengan kecepatan data 100 Gbps (atau bahkan hampir 50 Tbps), dampak pada kegagalan link atau node diperburuk oleh volume trafik yang sangat tinggi. Gangguan berarti kehilangan pendapatan yang besar. Dengan demikian, survivability jaringan memiliki peran penting dalam penanganan kegagalan jaringan optik kecepatan tinggi.

Restorasi jaringan optik dikategorikan menjadi tiga jenis: reatorasi link, path dan subpath. Dalam survivability jaringan optik, link-based dan restorasi berbasis subpath telah dibahas dalam banyak makalah. Satu masalah pada semua restorasi tersebut adalah bahwa koneksi akan diputus karena sumber daya jaringan yang tidak tersedia.

Dalam tesis ini diusulkan Skema Restorasi Hybrid Proaktif Berbasis Link dan Berbasis Subpath (LINKSPATH). Ini adalah skema restorasi hybrid yang dibentuk oleh dua metode restorasi yang sudah dikenal, yaitu metode berbasis link dan berbasis subpath. Kedua skema restorasi ini menggunakan algoritma Dijkstra dalam menghitung rute terpendek (berbasis link) dan subpath terpendek (berbasis subpath) dan keduanya dijalankan secara paralel. Istilah "proaktif" menunjukkan bahwa jalur alternatif telah dihitung sebelumnya. LINKSPATH juga menghitung waktu restorasi untuk kedua jalur alternatif. Hasil perhitungan kedua metode tersebut dibandingkan dan disimpan dalam buffer sebagai dua pilihan dengan prioritas yang berbeda. Dalam kasus terjadi adanya kegagalan link, koneksi akan dialihkan ke rute cadangan yang telah dihitung sebelumnya.

LINKSPATH menerapkan proses seleksi untuk memilih rute cadangan yang telah dihitung sebelumnya menurut waktu restorasi terkecil dan menetapkannya sebagai cadangan primer dan cadangan sekunder untuk rute yang lain. Dalam hal cadangan primer tidak

memungkinkan digunakan, cadangan sekunder kemudian mengambil alih penyediaan jalur alternatif. Dalam kasus terburuk, rute cadangan sekunder mungkin tidak tersedia juga, karena kegagalan link atau kegagalan perangkat node lain. Dalam kondisi ini trafik komunikasi akan diblok dan permintaan pengiriman ulang akan disampaikan ke node sumber. Dalam thesis ini, reransmisi diasumsikan merupakan restorasi ujung-ke-ujung atau berbasis path dan akan dibandingkan dengan LINKSPATH untuk melihat signifikansi skema hybrid ini.

Dalam eksperimen ini digunakan model jaringan NSFNET 16 node dan 22 link dua arah. Percobaan menunjukkan bahwa skema LINKSPATH memiliki waktu restorasi maksimum 122,40 ms dan nilai minimum 23,36 ms dengan waktu restorasi rata-rata 72,27 milidetik. Delay maksimal karena restorasi LINKSPATH adalah 148,87 ms, di bawah 200 milidetik dari standar ANSI TR1.TR.68-2001. Hal ini menunjukkan bahwa LINKSPATH tidak akan mengganggu komunikasi.

Sebagian besar restorasi LINKSPATH mempunyai rute alternatif tunggal, bukan dua alternatif. Selain itu hanya sebagian kecil restorasi dengan dua rute alternatif yang merupakan redundansi cadangan-penuh. Sehingga ini berarti bahwa redundansi penuh tidak dapat tercapai.

Sebagian besar restorasi menggunakan restorasi berbasis subpath daripada berbasis-link. Hal ini karena adanya backhauling pada metode berbasis-link (dalam beberapa kasus) dan karakteristik sistem yang mengambil restorasi berbasis-subpath ketika kedua metode menghasilkan waktu restorasi yang sama. Namun demikian kedua metode telah menunjukkan fungsi sebagai backup satu sama lain.

Dibandingkan dengan kinerja individual restorasi berbasis-link dan berbasis-subpath, LINKSPATH mencapai jumlah restorasi yang lebih besar dengan signifikansi terhadap waktu retransmisi lebih dari dua kali dan tiga kali lipat. Hal ini membuktikan bahwa jenis skema hybrid LINKSPATH memiliki kinerja yang lebih baik dari metode-metode pembentuknya.

Rasio retransmisi terhadap waktu restorasi LINKSPATH harus bernilai lebih dari satu. Jika tidak, maka akan mengurangi keefektifan skema tersebut. Dari percobaan, keefektifan LINKSPATH hanya 78,62%. Ini berarti 21,38% dari semua

restorasi mempunyai waktu pemulihan yang lebih besar dibandingkan dengan retransmisi.