

基于频谱碎片权值评估的弹性光网络 RSA 算法

薛磊冰, 沈建华

(南京邮电大学 通信与信息工程学院, 南京 210003)

摘要:EON(弹性光网络)中动态业务初次分配后会产生频谱碎片,影响后续业务的分配和网络的资源使用率。频谱碎片是 EON RSA(路由和频谱分配)算法中需要考虑的核心问题之一。文章提出了一种改进的基于频谱碎片权值评估的 EON RSA 算法,引入新的评估参数 DF(碎片离散度),并在选路时进行考虑。理论分析和仿真结果表明,与传统 RSA 算法相比较,改进算法可以降低频谱碎片离散度,提高频谱资源利用率。

关键词:弹性光网络;路由和频谱分配;碎片离散度;资源利用率

中图分类号:TN929.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-8788(2017)02-0030-03

Routing and Spectrum Assignment Algorithm based on Frequency Fragment Weights Evaluation for Elastic Optical Networks

XUE Lei-bing, SHEN Jian-hua

(School of Communications and Information Engineering,

Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: The initial resource allocation for dynamic service requirement may lead to frequency spectrum fragment in Elastic Optical Networks (EON), which will influence the allocation and resource efficiency of subsequent services. Spectrum fragment is one of the core problems for Routing and Spectrum Allocation(RSA). This paper proposes an improved RSA algorithm for EON based on weights evaluation of spectrum fragments. This improved algorithm considers the Dispersion of Fragmentation (DF) as new parameter for evaluating spectrum fragments. Theoretical analysis and numerical simulation results show that compared with traditional RSA algorithm,the proposed algorithm can reduce the spectrum fragments degree and enhance the using rate of spectrum resources.

Key words: EON; RSA; dispersion of fragment; resource utilization rate

0 引 言

传统的 WDM(波分复用)网络由于采用固定的频谱分割机制,存在资源使用率低和灵活性差等缺点^[1]。因此,频谱效率更高、资源分配灵活性更强的 EON(弹性光网络)应运而生。EON 采用 OFDM(正交频分复用)技术将网络资源进一步分割成颗粒度更小的频谱单元即频隙,并可以根据实际的业务需求数量分配适宜的邻接频谱单元,据此可以动态有效地分配频谱资源,从而提高网络的资源利用率和业务传输速率。EON 也被广泛认为是下一代光网络发展的主要方向之一^[2]。

EON 的基本职能是对连接请求进行路径计算和频谱资源的分配,而 RSA(路由和频谱分配)算法是网络资源分配和性能优化的基础。考虑到网络中业务到达和拆除的动态特性,经过一段时间的多次建路和拆路过程后,网络中频谱总体处于一种离散分布的状态,即频谱碎片现象,其会导致业务阻塞率

增加及网络总体资源利用率降低,频谱碎片也是 EON 中 RSA 算法需要考虑的核心问题之一^[3-5]。

针对 EON 中的频谱碎片问题,文献[6]提出可以借鉴描述计算机内存的“外部碎片”概念来衡量频谱碎片化程度;Wang 等人提出的基于频隙状态的评估方案(频谱使用熵),考虑了相邻频隙间使用状态的改变量,不足的是没有考虑链路频谱资源总的使用情况^[7];Yu 等人提出的基于链路状态的评估方案(频谱紧密度),关注于链路上被占用的频谱范围和空闲的频谱块,但忽略了空闲频谱块的大小^[8]。已经提出的 RSA 算法虽然部分考虑了频谱碎片评估,但多仅考虑单方面链路状态。

本文提出一种基于频谱碎片权值评估的 RSA 算法,该算法通过比较多条路径上的频谱 DF(碎片离散度),在存在可用频隙的情况下优先选择 DF 高的路径,并使用 FF(首次命中)频谱分配算法来分配频隙,在降低链路 DF 的同时可提高频谱资源利用率。

收稿日期:2016-10-24
作者简介:薛磊冰(1991—),男,江苏镇江人。硕士,主要研究方向为光通信。

1 基于频谱碎片权值评估的 EON RSA 算法

1.1 DF 的计算

本文所提改进的基于碎片权值的频谱碎片评估方案引入了新的评估参数 DF,并通过两个阶段来实现:(1) 计算链路中空闲频隙在总频隙中的占用率,该参数表示频隙资源的占用情况;(2) 计算链路中所有碎片的权值平均数。最终,DF 由以上两部分的乘积实现。可以看出,DF 越高,表明链路中细小碎片的比重越大,链路碎片化程度越高。

具体实施中,可以根据频谱碎片的大小赋予不同的权值,设定碎片的大小与权值的和为 K , K 由网络中单次业务所需的最大频隙数来确定。考虑现网中业务接口速率一般在 $10\sim100$ Gbit/s 之间(考虑附加相应的前向纠错编码后,线路接口速率上限一般也不超过 125 Gbit/s),如再加上占用两个时隙的保护带宽,单个业务所需的最大频隙数为 12,故设 $K \leq 12$ 。当碎片所占频隙数 < 12 时,令其权值为 $12 - j$ (j 表示碎片所占的频隙数);当碎片所占频隙数 ≥ 12 时,其权值均为 0。则 DF 可表示为

$$DF = \frac{|S| - \text{Sum}(S_i = 1)}{|S|} * \frac{\sum_{j=1}^{|B|-k} (12 - B_j)}{|B|}, \quad (1)$$

式中, $|S|$ 为路径上的总频隙数; $\text{Sum}(S_i = 1)$ 为被占用的总频隙数; $|B|$ 为空闲频谱块的数目; k 为频隙数 ≥ 12 的空闲频隙块的数目; B_j 为第 j 个碎片所占的频隙数。

1.2 算法描述

传统 RSA 算法中多侧重考虑单条链路状态,而本文提出的基于频谱碎片权值评估的 RSA 算法,其基本思想是考虑多条路径上的频谱 DF,在新的业务请求到达时,优先选择 DF 较高且有足够频谱资源的路径,使新的业务尽可能使用碎片资源,从而降低网络中总体频谱碎片率,提高对频谱资源的利用率。

改进 DF-RSA 算法的流程图如图 1 所示。当客户端业务到达,首先找出最短路径和次短路径,并计算对应的 DF1 和 DF2,若 $DF1 > DF2$ 且最短路径上存在可用频隙,则将最短路径作为工作路径,否则选择次短路径,再采用 FF 频谱分配算法为业务分配频隙块,建立通信光路。

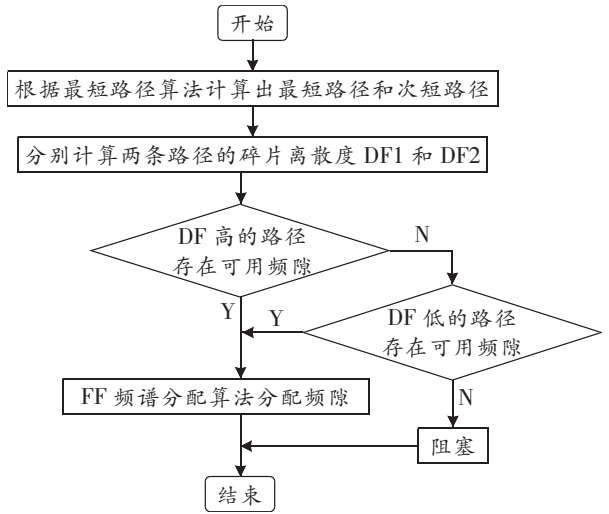


图 1 改进的 DF-RSA 算法流程图

2 仿真和结果分析

为验证本文所提改进的 RSA 算法性能,采用数值仿真方法对其与经典的 D+RF(D 为最短路径算法,RF 为随机命中算法)和 D+FF 算法进行对比分析。仿真采用 20 个节点、22 条链路的 CERNET(中国教育科研网),假设每条链路中只有一个光纤对,每条光纤总频谱带宽为 4 THz,选取频隙为 12.5 GHz,每条光纤的频隙数为 320 个,保护带宽占用两个频隙。

仿真主要考察的性能包括频谱 DF 和频谱资源利用率,且频谱资源利用率定义为已占用频隙在频隙数中的比值。仿真中网络业务在 $10\sim100$ Gbit/s 间随机取值。图 2、图 3 分别为在 CERNET 链路的频谱 DF 和频谱资源利用率仿真比较,其中改进的 DF-RSA 算法的 DF 为最短路径和次短路径上的平均 DF。

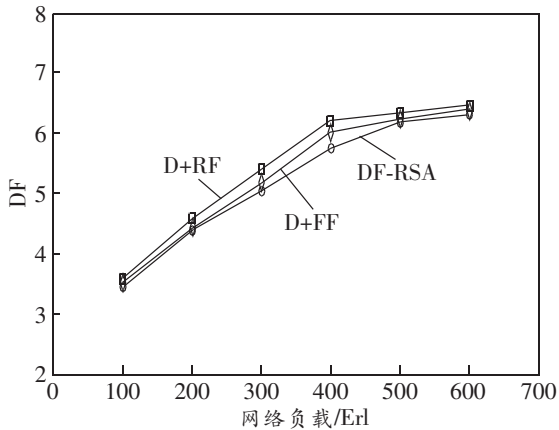


图 2 频谱 DF 比较

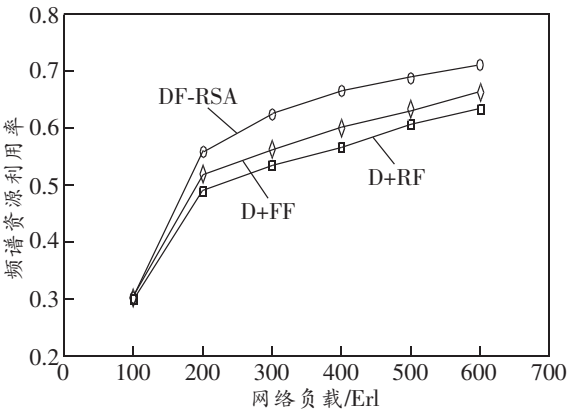


图 3 频谱资源利用率比较

仿真结果表明:在 CERNET 下,随着网络负载的增大,改进的 DF-RSA、典型 D+FF 和 D+RF 算法频谱 DF 和频谱资源利用率均相应的上升。当网络负载较小时,3 种算法的 DF 和频谱资源利用率改善并不明显;当网络负载达到 400 Erl 时,DF-RSA 算法的 DF 为 5.55,较 D+FF 算法降低了 7.7%,比 D+RF 算法降低了 10.6%。在频谱资源利用率方面,DF-RSA 算法分别提高了 11.7% 和 17.5%。当网络负载达到 600 Erl 后,3 种算法 DF 差距不大,但在频谱资源利用率上,DF-RSA 算法比 D+FF 算法提高了 7.6%,比 D+RF 算法提高了 12.7%。总体来说,DF-RSA 算法相比于传统的 RSA 算法在 DF 和频谱资源利用率上都有所改进。

3 结束语

EON 是光网络发展的主要方向之一,频谱碎片及其应对策略是 EON RSA 算法中最核心的要素之一。本文提出了一种改进的基于频谱碎片权值评估的 RSA 算法,引入了频谱 DF 参数,并据此进行网络当前空闲资源评价及分配。理论分析和仿真结果表明,所提改进算法可有效地降低频谱 DF,并提高频谱资源利用率。

参考文献:

[1] Chatterjee B C,Sarma N,Oki E. Routing and Spectrum Allocation in Elastic Optical Networks: A Tutorial [J]. Communications Surveys & Tutorials IEEE, 2015, 17(3):1776—1800.

[2] Zhang L ,Ansari N ,Khreishah A. Anycast Planning in Space Division Multiplexing Elastic Optical Networks With Multi-Core Fibers [J]. IEEE Communications Letters,2016,20(10):1983—1986.

[3] Favero R V,Bonani L H,Abbade M L F. Spectral re-allocation in lightpaths encompassing the most fragmented link of elastic optical networks [C]// ICTON 2016. Trento, Italy:IEEE,2016:1—4.

[4] Ioannis Stiakogiannakis, Eleni Palkopoulou, Dimitrios Klonidis,et al. Dynamic Cooperative Spectrum Sharing and Defragmentation for Elastic Optical Networks [J]. Journal of Optical Communications & Networking, 2014, 6(3):259—269.

[5] Chen Xin, Li Juhao, Zhu Paikun. Fragmentation-aware routing and spectrum allocation scheme based on distribution of traffic bandwidth in elastic optical networks [J]. Journal of Optical Communications & Networking, 2015, 7(11):1064—1074.

[6] Joana Sócrates-Dantas, Regina Melo Silveira, Davide Careglio. A Study in Current Dynamic Fragmentation-Aware RSA Algorithms [C]//ICTON 2014. Graz, Austria:IEEE,2014:3—4.

[7] Wang X, Zhang Q, Kim I, et al. Utilization Entropy for Assessing Resource Fragmentation in Optical Networks [C]//OFC 2012. Los Angeles , US: IEEE, 2012:OTh1A. 2.

[8] Yu X, Zhang J, Zhao Y,et al. Spectrum Compactness based Defragmentation in Flexible Bandwidth Optical Networks [C] //OFC 2012. Los Angeles ,US:IEEE, 2012:JTh2A. 35.