

在线开放通信网络信道分配算法优化*

马 静^{1,2}, 沈来信³, 盛文婷⁴

(1. 厦门大学 软件学院, 福建 厦门 361005; 2. 新疆天山职业技术学院 电子通信学院, 乌鲁木齐 830017; 3. 同济大学 电子与信息工程学院, 上海 201804; 4. 新疆农业大学 科学技术学院, 乌鲁木齐 830091)

摘 要: 针对传统的通信网络信道分配方法进行信道分配时存在信道分配不准确及效率低的问题, 提出一种基于干扰度与链路优先级划分的通信网络信道分配方法. 由 Poisson 分布模型建立通信网络节点流量模型, 对链路流量及干扰进行评估, 建立干扰模型计算出对应干扰程度等级, 结合流量模型及干扰模型对分配的信道设计权重值. 根据计算出的权值作为选取信道的依据, 并根据优先级对网络信道进行分配. 实验结果表明, 相比传统的信道分配算法, 采用改进算法进行信道分配吞吐量较高, 信道分配精确度好, 具有一定的优势.

关 键 词: 在线开放; 通信网络; 信道; 分配算法; 优化; 优先级; 链路流量; 干扰模型

中图分类号: TN 929.5 文献标志码: A 文章编号: 1000-1646(2017)02-0193-05

Optimization for online open communication network channel allocation algorithm

MA Jing^{1,2}, SHEN Lai-xin³, SHENG Wen-ting⁴

(1. Software School, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 2. School of Electronic and Communication, Xinjiang Tianshan Vocational and Technical College, Urumqi 830017, China; 3. College of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China; 4. College of Science and Technology, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830091, China)

Abstract: In order to solve the problem that the inaccuracy channel allocation and low efficiency problem exist when the traditional communication network channel allocation method is used for channel allocation, a communication network channel allocation method based on the interference degree and link priority was proposed. The communication network node flow model was established with the Poisson distribution model to assess the link traffic and interference. In addition, the interference model was established, and the corresponding disturbance degree level was calculated. In combination with both flow model and interference model, the weight for the allocated channel was designed. The calculated weight was taken as the basis of selected channel, and the network channel was allocated according to the priority. The results show that compared with the traditional channel allocation algorithm, the improved algorithm for channel allocation has higher throughput and better channel allocation accuracy, and has a certain advantage.

Key words: online open; communication network; channel; allocation algorithm; optimization; priority; link traffic; interference model

近年来随着网络技术及通信系统的飞速发展, 越来越多的人享受到了通信网络带来的便

利. 大量的个人、企业及公司的信息都需要在在线开放通信网络中传输, 这就使得在线开放通信网

收稿日期: 2016-05-27.

基金项目: 安徽省高校自然科学基金资助项目(KJHS2016B02); 安徽省教育厅质量工程资助项目(2015ekjh089).

作者简介: 马 静(1979-), 女, 新疆乌鲁木齐人, 讲师, 硕士. 主要从事计算机科学技术与大数据复杂计算等方面的研究.

* 本文已于 2016-12-22 17:39 在中国知网优先数字出版. 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/21.1189.T.20161222.1739.002.html>

络的传输效率成为了该领域研究的重点.而对通信网络信道进行合理的分配是解决该领域传输效率问题的主要方法^[1-2],因此,如何对在线开放通信网络信道进行分配成为了该领域亟待解决的问题,受到了广大学者的关注^[3-4].

其中,文献[5]提出基于物理干涉模型的在线开放通信网络信道分配方法,该方法通过建立任意几点的信道分配树对通信网络中的每个节点进行信道分配,然后采用物理干涉模型对各个区域进行划分,最后根据划分结果进行信道分配,该方法主要针对的是少量信道分配,若分配信道量增加,将产生信道分配精度不高的问题;文献[6]提出基于I-HOWG的通信网络信道分配算法,该方法主要针对通信网络信道的传输特点及干扰因素,采用I-HOWG矩阵对通信网络信道进行分配,充分考虑了空间角度对通信网络信道分配的影响,但是需要进行大量的迭代计算,不适合大范围使用;文献[7]提出基于距离优先概念的通信网络信道分配方法,该方法使用混沌神经网络求解信道距离最小化约束下的分配问题,给出信道分配的能量函数表达式及混沌神经网络模型,但是该方法存在信道分配耗时过长的问題.

针对上述问题,本文提出一种干扰度与链路优先级划分的通信网络信道分配方法.由Poisson分布模型建立通信网络节点流量模型,对链路流量和干扰度进行评估,之后建立干扰模型,并根据干扰源求出干扰度,在流量模型及干扰模型的基础上设置链路权重,并根据此权值确定链路信道优先级,依据优先级精确分配网络信道.相比传统算法,改进算法在进行信道分配时吞吐量较高,分配精确度也有所提高,具有一定的优势.

1 网络节点流量及干扰模型的建立

由于在线开放通信网络具有不可预知性且传输链路易受干扰的影响,使得网络通信具有一定的挑战性.在线开放通信网络信道分配中传输链路干扰问题是必须要解决的难题^[8-10].传统网络信道分配方法主要通过计算各链路的流量负载,为不一样的链路分配不同的信道,以达到用户对带宽的需要^[11].而不一样的流量负载对信道分配形成的干扰也不一样,为了能准确地分配信道,需要建立节点流量模型.另外,不同链路间、不同节点间都会产生干扰,需要建立链路的干扰模型,为获取干扰程度提供依据.

1.1 节点流量负载模型的建立

在线开放通信网络里各个节点除了传输本身的数据外,有时还要传输来自旁边节点的数据,则设置数据流量均为从最外节点向网关节点实行传送的.把节点的流量负载划分成两部分:一部分是自身通信需要发出的数据;另一部分则是邻居节点发送过来的需要转发到下一节点的数据.假设网关节点是第1层,依次往外扩展,最外层是第 N 层,那么第 n 层流量负载 $T(n)$ 的表达式为

$$T(n) = \sum_i R(n, i) + T(n+1) \quad (1)$$

式中: $T(n+1)$ 为第 $n+1$ 层的总流量,即要传输的流量; $R(n, i)$ 为处在第 n 层上第 i 个节点产生的流量,即自身通信所产生的流量.当 $n=0$ 时,主要表示此时的负载来源只有转发数据形成的流量,这时只有网关节点, $T(0) = T(1)$;如果 $n=N$,则流量的来源只有自身数据发送形成的流量, $T(N) = \sum_i R(N, i)$.

1.2 干扰模型的建立

在建立节点流量模型之后,需要对干扰进行设置,建立干扰模型,为计算干扰度提供依据.首先定义节点 m 的干扰为

$$\text{Intf}(m) = B - \frac{L\mu(m)}{128512} \quad (2)$$

式中: B 、 L 分别为信道带宽及数据包长度; $\mu(m)$ 为节点 m 对数据平均治理的速率.针对在线开放通信实际网络,使用节点干扰当作度量参数很难实现,所以要把节点的影响映射至链路的干扰上.通过对链路流量和干扰进行评估,并以评估结果为依据设定优先级并进行信道分配.综合考虑信道分配的简单性及可操纵性后,设定链路 i 的干扰度是链路 i 干扰领域里节点干扰之和,其干扰模型可表示为

$$I(i) = \sum_{j \in \text{Intf}(i), j \neq i} f(j) \quad (3)$$

式中 $f(j)$ 为第 j 层节点的干扰流量.

2 改进信道分配方法的实现

2.1 干扰度及负载度的获取

因为互相影响的两条通信链路进行传送时,干扰源主要来自相同信道的干扰,因此,在建立干扰和负载模型的基础上,需要对干扰度和负载度的综合参数进行计算.当通信网络传输链路在信道 l 上受到来自信道 c 链路的影响时,负载综合参数可以描述为

$$D_c(l) = \sum_{l_0 \in E_0} \left[f(l_0) \frac{1}{d_c} \right] \quad (4)$$

式中: l_0 为链路 l 影响领域里的一个链路; E_0 为链路 l 的影响链路集; $f(l_0)$ 为链路 l_0 数据流负载大小; d_c 为判别 l_0 是否运用信道 c 的参数. 若 l_0 采用信道 c 时 d_c 的值为 1; 若 l_0 未采用信道 c 时, 则 d_c 取值为 ∞ .

两个链路间不仅受干扰领域的影响, 还受到信道间的间隔干扰. 把多条信道依据频率高低进行排序, 假设两条信道编号是 k 和 k_0 , 那么信道间距离是 $|k - k_0|$, 影响范围的大小随着信道间距离的增大而减小, 相邻信道干扰参数可表示为

$$D_n(l) = \sum_{l_0 \in E_0} \left(f(l_0) \eta \frac{1}{d_n} \right) \quad (5)$$

式中 η 为两链路间的相关系数.

2.2 信道分配算法的改进

在确定干扰度和负载度综合参数基础上, 设置节点优先级时应重点关注以下 3 个方面:

1) 网络节点至网关节点的最小间隔, 它主要决定了收敛的速度.

2) 通信网络接口量, 它决定了网络容量大小, 接口数量越少, 优先级越高; 反之越低.

3) 目前链路流量的负载, 负载越高, 则优先级越高.

在流量模型及干扰模型的基础上, 结合流量负载及干扰设置链路权重, 并把权值作为依据选取信道优先级, 权值高的链路可以优先选择信道. 当链路 i 的流量负载是 $T(i)$, 总链路条数是 M 时, 链路 i 的干扰度是 $I(i)$, 那么链路的优先级获取方式可表示为

$$W(i) = \alpha \frac{T(i)}{\sum_{e \in C_l} T_e(i)} - (1 - \alpha) \frac{I(i)}{\sum_{e \in C_l} I_e(i)} \quad (6)$$

式中: α ($0 \leq \alpha \leq 1$) 为权值因子, 根据系统设置;

$\sum_{e \in C_l} T_e(i)$ 为网络中所有链路的流量负载之和;

$\sum_{e \in C_l} I_e(i)$ 为所有链路的干扰度之和.

对在线开放通信网络信道进行分配的目的是为了给链路分配干扰较小的信道, 减少本身和外界的影响, 具体的信道分配步骤如下:

1) 对源节点与结束节点间相连的链路进行分配, 假若有多个链路和源节点链接, 则依据信道的编号按序进行分配.

2) 对每层的节点进行逐个遍历, 每层的节点只负责对本层和下层节点间的链路信号进行分配. 如果在设定节点对应的信道之外, 还存在其它

信道, 那么选取一条链路分配次数最多的信道进行分配; 假如不存在, 则选取干扰值最小的信道进行分配.

3) 假如完成本层节点的遍历, 那么继续对下一层节点进行遍历, 直到完成最后一层节点位置的遍历.

3 实验仿真

3.1 实验场景及验证参数

本文将改进算法与基于距离相关的信道分配算法、基于 I-HOWG 的信道分配算法进行比较. 实验在网络模拟软件 NS3 平台上进行, 设置网络参数为: 所有节点随机分布在 $500 \text{ m} \times 500 \text{ m}$ 的正方形范围中, 有 1 000 个网络节点, 全部节点的传送领域为 250 m, 干扰范围为 550 m. 设置全部通信数据包大小是 512 bit, 权重因子设定为 0.5. 在链路分配时, 参照式 (6) 选取干扰值小且较长的链路进行优先分配. 实验以吞吐量、丢包率、信道分配精确度和网络带宽利用率为指标进行验证. 其中吞吐量计算公式为

$$F = MR/t \quad (7)$$

式中: M 为通信网络用户个数; R 为用户请求传输个数; t 为时间.

丢包率计算公式为

$$S_r = \frac{G_{\text{total}} - G}{G_{\text{total}}} \quad (8)$$

式中: G 为信道正确接收网络数据包量; G_{total} 为网络中全部发送端发送的总包数.

信道分配精确度计算公式为

$$A = \frac{Q_i}{Q} \times 100\% \quad (9)$$

式中: Q_i 和 Q 分别为准确分配的信道数量和总体信道数量.

在线开放通信网络带宽利用率就是每秒接收字符数与发送字符数之和与带宽的比值, 带宽利用率计算式为

$$P = \frac{E_s + E_e}{B} \times 100\% \quad (10)$$

式中: E_s 和 E_e 分别为每秒接收字符数与发送字符数; B 为信号带宽.

3.2 实验结果及分析

3.2.1 信道数量对吞吐量及丢包率的影响

信道数量由 0 个逐渐增加至 60 个时, 吞吐量的变化情况如图 1 所示.

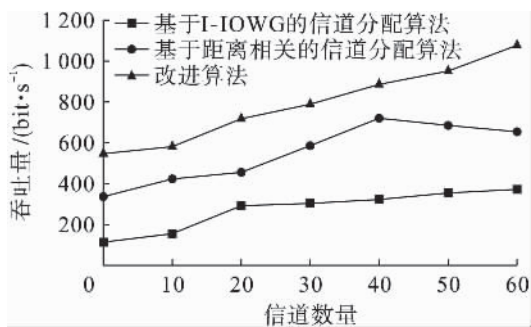


图1 信道数量对吞吐量的影响

Fig. 1 Influence of channel number on throughput

由图1可见,网络吞吐量会随着信道数量的增加而增加.采用基于距离相关的信道分配算法时,其吞吐量在信道数量为30~50时出现很大波动,稳定性较差,不适合大范围使用;采用基于I-IOWG的信道分配算法虽然在信道数量10~30时出现了一定程度的分配,但之后一直处于稳定上升的趋势,稳定性较好,但相比其余两种方法吞吐量一直很低;采用改进算法时,其稳定性较好,无太大波动,且吞吐量要优于其他两种信道分配算法.

信道数量由0个逐渐增加至60个时,丢包率的变化情况如图2所示.

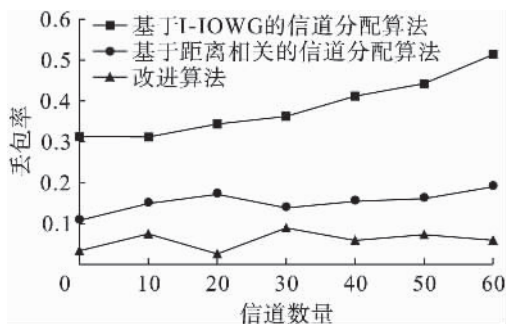


图2 信道数量对丢包率的影响

Fig. 2 Influence of channel number on packet loss rate

由图2可知,采用基于距离相关的信道分配算法时,在信道数量为10~40时其丢包率出现波动的情况,但在信道数量增加至40~60时,其丢包率区域稳定;采用基于I-IOWG的信道分配算法时,其丢包率会随着信道数量的增加而增加,其间在信道数量为30~60时,丢包率非常明显,不适合长时间使用;改进算法丢包率虽然一直处于波动的状态,但整体的丢包率相比其余两种方法一直处于较低的状态.

3.2.2 信道分配精确度对比

采用改进的分配算法与基于距离相关的信道分配算法和基于I-IOWG的信道分配算法进行精确度对比分析,结果如图3所示.

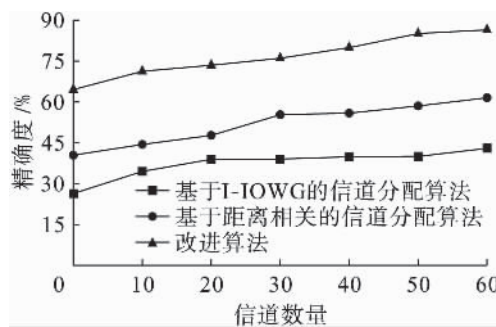


图3 不同算法下信道分配精确度对比

Fig. 3 Contrast in channel allocation accuracy under different algorithms

由图3可知,采用基于距离相关的信道分配算法时,其信道分配精确度约为55.3%,且不会随着信道数量的增加而降低;基于I-IOWG的信道分配算法的分配精确度约为34.3%,且不会随着信道数量的增加而降低,稳定性较好,但相比其余两种方法的精确度要低,不适合大范围使用;改进算法的精确度约为72.4%,相比基于距离相关的信道分配算法提高了约17.1%,相比基于I-IOWG的信道分配算法提高了约38.1%,且不会随着信道数量的增加使分配精确度降低,反而一直处于上升的趋势.

3.2.3 在线开放通信网络带宽利用率对比

在线开放通信网络带宽利用率越高,说明信道分配越成功.图4描述的是分别采用改进算法、基于距离相关的信道分配算法和基于I-IOWG的信道分配算法完成信道分配后,三种算法网络带宽利用率的比较结果.

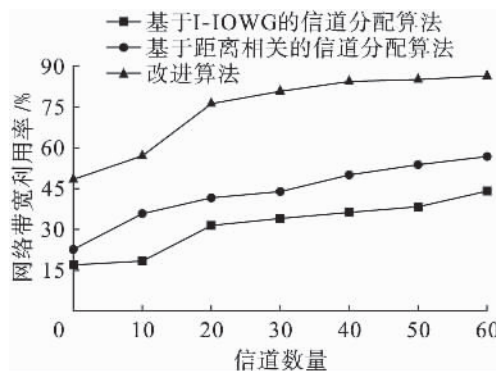


图4 不同算法下网络带宽利用率对比

Fig. 4 Contrast in network bandwidth utilization under different algorithms

由图4可以看出,改进算法的带宽利用率明显高于基于距离相关的信道分配算法和基于I-IOWG的信道分配算法,说明采用改进算法对信道进行分配后,在线开放通信网络的带宽利用率明显增强,进一步验证了本文算法的有效性.

4 结 论

本文提出一种基于干扰度与链路优先级划分的通信网络信道分配方法. 由 Poisson 分布模型建立通信网络节点流量模型, 并对链路流量和干扰进行评估, 建立干扰模型, 再依据干扰源获取干扰度, 设置链路的权重, 并以权重值作为链路选择信道的依据. 通过实验仿真证明, 相比传统的信道分配算法, 当使用改进算法进行信道分配时, 吞吐量、信道分配精确度及带宽利用率均较高, 具有一定的分配优势.

参考文献(References):

- [1] 赵太飞, 李琼, 王一丹, 等. 基于粒子群的无线紫外光网络快速信道分配方法 [J]. 光学学报, 2014, 34(1): 49-55.
(ZHAO Tai-fei, LI Qiong, WANG Yi-dan, et al. Fast channel allocation method in wireless ultraviolet network based on particle swarm [J]. Acta Optica Sinica, 2014, 34(1): 49-55.)
- [2] 刘文彬, 杨波, 李香宝, 等. 无线传感器网络中基于物理干涉模型的最小通信信道分配算法 [J]. 计算机应用研究, 2014(6): 1771-1774.
(LIU Wen-bin, YANG Bo, LI Xiang-bao, et al. Minimum channel assignment algorithm under physical interference model in multi-hops wireless sensor networks [J]. Application Research of Computers, 2014(6): 1771-1774.)
- [3] 殷燕南. 移动网络基站安全承载信道分配重构算法 [J]. 科技通报, 2015, 25(6): 205-207.
(YIN Yan-nan. Algorithm of mobile network base station safe bearing load channel distribution and reconstruction [J]. Bulletin of Science and Technology, 2015, 25(6): 205-207.)
- [4] 郝晓辰, 姚宁, 汝小月, 等. 基于生命期模型的无线传感器网络信道分配博弈算法 [J]. 物理学报, 2015, 64(14): 5-15.
(HAO Xiao-chen, YAO Ning, RU Xiao-yue, et al. Channel allocation game algorithm based on lifetime model in wireless sensor network [J]. Acta Physica Sinica, 2015, 64(14): 5-15.)
- [5] 杨建辉, 吴聪. PSO 结合 SA 优化算法的无线传感器网络路由协议 [J]. 湘潭大学学报, 2015, 32(4): 98-104.
(YANG Jian-hui, WU Cong. Routing protocol based on PSO and SA optimization algorithm for WSN [J]. Journal of Xiangtan University, 2015, 32(4): 98-104.)
- [6] 陈华友, 陈诚. 基于 I-HOWG 算子集结的组合判断矩阵的相容性和一致性 [J]. 系统工程与电子技术, 2009, 31(9): 2137-2140.
(CHEN Hua-you, CHEN Cheng. Research on compatibility and consistency of combination judgment matrices based on I-HOWG operators [J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2009, 31(9): 2137-2140.)
- [7] 刘玉梅, 伍浩文, 赵怡韵. 基于距离相关的信道分配算法 [J]. 应用科技, 2012, 39(3): 141-154.
(LIU Yu-mei, WU Hao-wen, ZHAO Yi-yun. The channel allocation algorithm based on distance related [J]. Applied Science and Technology, 2012, 39(3): 141-154.)
- [8] 肖寒春, 蒋文科, 张祖凡. 分层动态虚拟 MIMO 的信道容量分析 [J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2015, 27(2): 174-178.
(XIAO Han-chun, JIANG Wen-ke, ZHANG Zu-fan. Channel capacity analysis of hierarchical dynamic virtual MIMO [J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications (Natural Science Edition), 2015, 27(2): 174-178.)
- [9] 蔡凤丽, 刘新永. 基于 Multi-Radio Multi-Channel 传感器网络无冲突信道分配算法的研究 [J]. 吉林工程技术师范学院学报, 2014, 30(5): 95-96.
(CAI Feng-li, LIU Xin-yong. Research on sensor network conflict-free channel allocation algorithm based on Multi-Radio Multi-Channel [J]. Journal of Jilin Teachers Institute of Engineering and Technology, 2014, 30(5): 95-96.)
- [10] 胡洁, 赵祚喜, 陈润恩. 分布式网络中基于一致性的信道分配算法 [J]. 电子学报, 2014, 42(6): 1132-1138.
(HU Jie, ZHAO Zuo-xi, CHEN Run-en. Consensus based channel assignment in decentralized network [J]. Acta Electronica Sinica, 2014, 42(6): 1132-1138.)
- [11] 朱江, 郭兵, 段昂. 认知 Ad-Hoc 网络中一种实时信道分配路由协议 [J]. 电子技术应用, 2015, 41(12): 83-86.
(ZHU Jiang, GUO Bing, DUAN Ang. A real-time channel allocation routing protocol for cognitive radio Ad-Hoc network [J]. Application of Electronic Technique, 2015, 41(12): 83-86.)

(责任编辑: 景 勇 英文审校: 尹淑英)