



基于用户QoS的网络资源分配策略研究

钱会

(中国移动通信集团广东有限公司, 广东 广州 510064)

【摘要】 针对5G网络在网络资源分配存在的问题,从用户业务QoS等级角度提出基于贝叶斯模型的网络资源优化分配策略模型。在对用户业务QoS等级划分的基础上采用优先节点自主控制策略进行网络资源分配,通过构建贝叶斯模型评价网络状态并进行动态学习推理,指导网络优先节点的控制决策,实现优先节点对最佳信道的优先选择。实验表明,与基于信道容量的信道资源分配策略相比,本文的策略在网络总体容量和网络公平性上具有更好的表现,能够更好满足异构网络的实际需求。

【关键词】 业务QoS等级;网络资源;贝叶斯模型;分配策略

doi:10.3969/j.issn.1006-1010.2021.02.026 中图分类号: TN929.5

文献标志码: A 文章编号: 1006-1010(2021)02-0124-05

引用格式: 钱会. 基于用户QoS的网络资源分配策略研究[J]. 移动通信, 2021,45(2): 124-128.

OSID:



扫描二维码
与作者交流

Research on Network Resource Allocation Strategy Based on User QoS

QIAN Hui

(China Mobile Communication Group Guangdong Co., Ltd., Guangzhou 510064, China)

[Abstract] Aiming at the network resource allocation problems in 5G network, this paper proposes a network resource optimization strategy model based on the Bayesian model from the perspective of user service QoS levels. Based on the classification of user service QoS levels, the autonomous control strategy is used for the priority nodes to allocate network resources. Bayesian model is constructed to evaluate the network state and perform dynamic learning reasoning to guide the control decision of network priority nodes and realize their priority selection of the best channel. Experiments show that, compared with the channel capacity-based channel resource allocation strategy, the proposed strategy has better performance in the overall network capacity and network fairness, and can better meet the actual needs of heterogeneous networks.

[Keywords] service QoS level; network resource; Bayesian model; allocation strategy

0 引言

无线异构网络作为5G网络的典型架构,通过整合宏基站、微基站、家庭基站等方式来实现网络资源的共享,以应对通信用户对网络时延、速率等QoS指标的要求。众多学者开展了异构无线网络资源分配的策略研究, Han等人^[1]提出一种以网络频谱资源为优化目标,采用功率自适应算法来对网络能效和带宽进行折中分配,从物理层面对网络频谱资源和功率进行折中优化; Gong等人^[2]提出一种网络容量最大化和系统功耗最小化的多目标优化算法,并通过凸理论对优化问题进行求解,最终实现网络资源联

合分配策略; Gardellin等人^[3]在频谱资源共享的场景下,提出了合作信道接入策略的方式以获得网络最大吞吐量性能; Asif等人^[4]采用博弈的方法来实现异构网络共享频谱资源的信道分配策略,结论表明,该策略很好地满足异构认知网络的特性; 张强^[5]以认知无线网络的动态资源管理为背景,提出了频谱资源分配策略和负载均衡的路由算法,通过获取用户对信道的历史占用信息,为用户动态分配合适的信道,以期提高系统的总体公平性; 张蒙晰^[6]提出了一种基于用户满意度的联合优化策略,该策略以用户的满意度出发,将用户的满意度和速率代价为优化目标,试图建立尽可能在满足用户满意度的基础上,尽量降低网络的频谱和能效的多目标优化模型。

收稿日期: 2021-01-27

从上述研究可知，网络资源分配的研究从网络性能角度开始倾向用户满意度角度。在考虑用户业务需求的差异性前提下，通过用户获得的网络服务质量的角度来分配网络资源，对异构网络性能进行优化，以此提升网络资源的利用率。本文从这一思路出发，提出基于用户 QoS 角度的网络资源优化分配策略模型。该模型在对实时业务等级和非实时业务等级划分的基础上，提出基于业务 QoS 等级（传输速率、丢包率和时延抖动）的网络优先节点自主控制策略，选取优先节点的比例、网络效能、频谱效率、网络容量为网络状态评价的参量，建立贝叶斯模型对当前网络状态进行评价，通过学习推理，指导网络优先节点的控制决策，实现网络信道的优先分配。

1 基于用户QoS的网络分配策略

1.1 基于用户业务的QoS等级划分

网络 QoS 参数包括业务的传输速率、丢包率和时延抖动^[7]，根据用户使用的业务对 QoS 参数需求的差异，将用户业务划分为实时业务和非实时业务^[8]。实时业务对

传输速率和时延抖动要求较高，对丢包率要求较低；相反，非实时业务对传输速率和时延抖动要求较低，对丢包率要求较高。根据用户对 QoS 参数的需求，对每一个业务对传输速率、丢包率和时延抖动的要求进行标识。当节点 i 承载某一个 QoS 标签的业务时，网络控制节点将结合节点当前的 QoS 标签和当前网络的性能，确定节点 i 是否会被选取为优先节点，在信道分配时可将最佳信道优先分配为优先节点。

因此，采用网络 QoS 参数划分用户的业务等级，其 QoS 标签并不一定是划分优先节点的标准，仅作为一个备选优先等级的依据。在判决节点优先等级时，需要考虑当前网络性能和划分等级后的网络性能的变化。

1.2 基于QoS等级的优先节点自主选取

基于 QoS 等级的优先节点选取是根据动态的网络状态进行判断，如果网络出现不平衡的状态，将根据当前的网络状态值选择或者剔除；相反，如果网络处于平衡的状态时，那么就维持现状。基于 QoS 等级的优先节点自主选取流程图如图 1 所示：

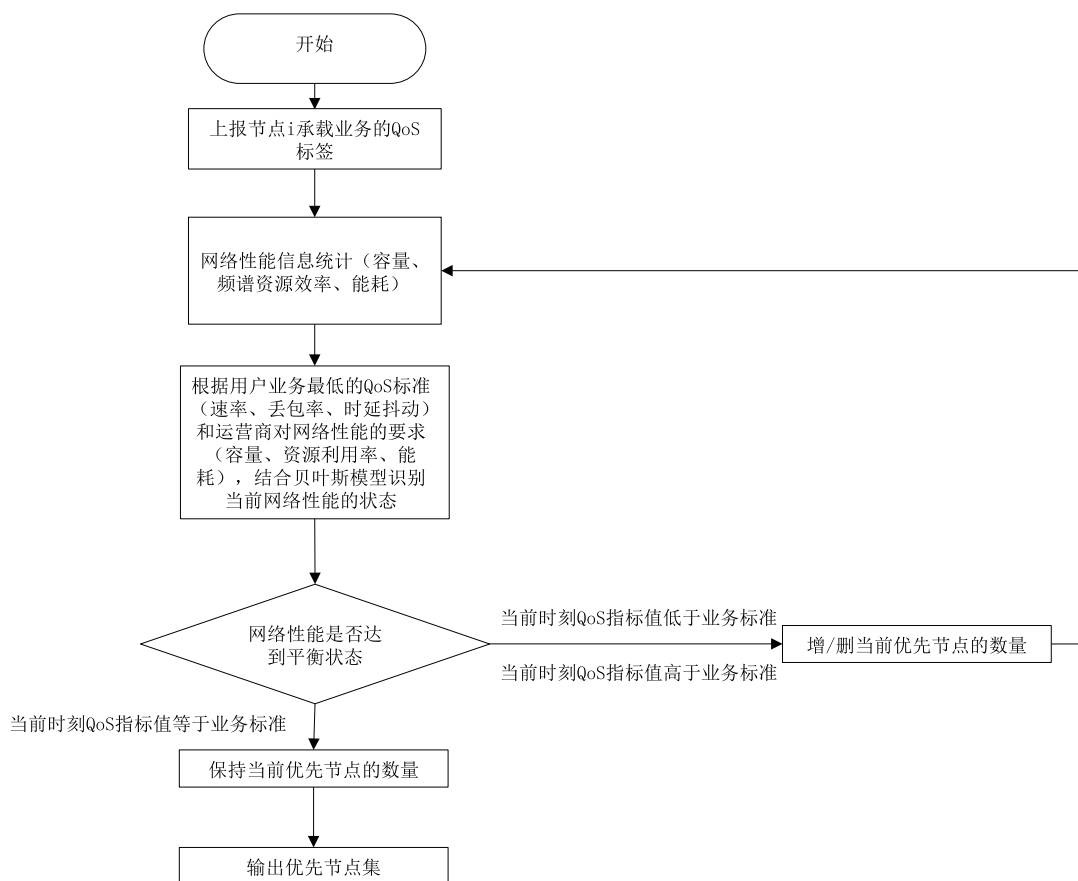


图1 基于QoS等级的优先节点自主选取

图1展示基于QoS等级的优先节点自主选取流程，具体为：

第一步：根据用户的地理位置和业务需求，上报节点*i*承载的业务QoS标签。QoS标签对传输速率、丢包率和时延抖动要求是有差别的。一般来说，实时业务的QoS标签比非实时业务的QoS标签值小，标签值越小的标签，其QoS优先级越高。

第二步：统计现有网络性能信息，包括网络容量、频谱资源效率以及能耗等指标信息。

第三步：结合业务最低QoS标准（速率、丢包率、时延抖动）和运营商网络性能要求（容量、资源利用率、能耗）识别当前网络性能的状态。

第四步：结合现有网络性能信息、业务最低QoS标准和运营商网络性能要求，采用贝叶斯模型判断当前网络状态。如果当前网络状态处于平衡（当前时刻QoS指标值近似等于业务标准），那么就保持当前优先节点的数量；否则，判定为非平衡状态。

第五步：非平衡状态的处理。非平衡状态的处理包括两种情况：（1）当前时刻QoS指标值低于业务标准，那么需要逐个增加优先节点，直到QoS指标达到业务标

准，且当前业务容量、整体网络资源利用率、能耗达到最低要求；（2）当前时刻QoS指标值高于业务标准，那么需要逐个删除优先节点，直到QoS不低于业务标准，且当前业务容量、整体网络资源利用率、能耗达到最低要求。

第六步：更新优先节点数量并输出优先节点集。本文考虑到用户使用业务以及优先节点选取的随机性，将在下一节详细阐述基于贝叶斯的网络状态评价模型的实现过程。

1.3 基于贝叶斯的网络状态评价模型

贝叶斯网络通过有向无环图来刻画各属性之间的依赖关系以此来推理属性之间的因果关系，采用条件概率来描述属性之间的联合概率分布，解决属性之间的随机、不确定关系。因此，本文采用贝叶斯网络来描述具有随机性移动通信网络状态。

由于用户使用业务在时空上具有一定的随机性，因此，各节点承载不同的QoS要求的业务也具有一定的随机性^[9-10]。在不同的时间段，各个节点承载业务的网络状态、业务的QoS要求以及网络容量会发生变化^[11-12]，各节点被选为优先节点也具有随机性。因此，本文采用贝叶斯模型来解决网络状态随机性的问题，基于贝叶斯的网络状态评价模型如图2所示：

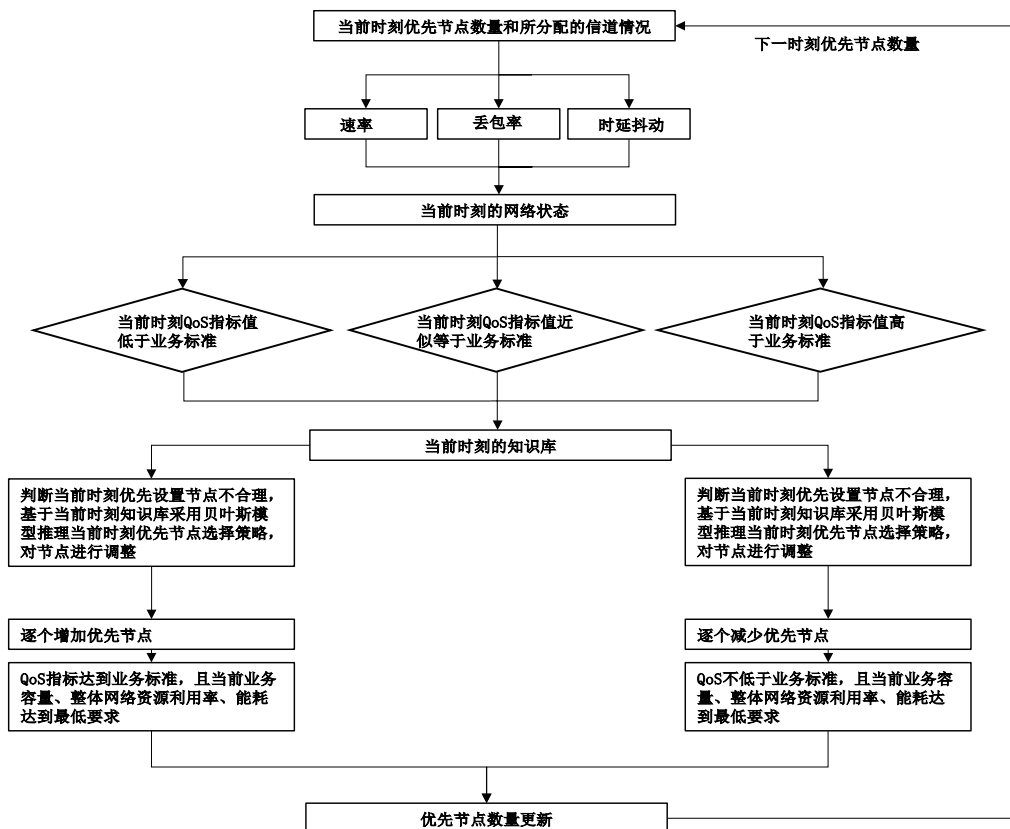


图2 基于贝叶斯的网络状态评价模型

如图 2，根据当前时刻优先节点数量以及所分配的信道情况，结合当前承载业务的节点信息进行 QoS 指标信息的统计，得到当前时刻的网络状态。网络状态有 3 种：当前 QoS 指标低于、近似等于、高于业务标准。第一种和第三种状态统称为不平衡的网络状态，第二种状态称为平衡网络状态。针对不平衡的网络状态，需要基于现有的知识库，采用贝叶斯模型推理当前时刻优先节点选择策略，对节点进行调整，力求在运营效益和业务性能要求两方面实现平衡。如果当前时刻 QoS 指标值低于业务标准，那么采用逐个增加优先节点的方式对网络状态进行调整，直到 QoS 指标达到业务标准，且当前业务容量、整体网络资源利用率、能耗达到运营最低要求；相反，如果当前时刻 QoS 指标值高于业务标准，那么采用逐个减少优先节点的方式对网络状态进行调整，直到 QoS 指标不低于业务标准，且当前业务容量、整体网络资源利用率、能耗达到运营最低要求。基于上述的推理，确定优先节点数量更新，并以此作为知识更新到下一时刻的知识库中。同理，在下一时刻，网络根据当前时刻的优先节点数量和信道分配的情况判断当前的网络状态，结合该时刻知识库，采用贝叶斯网络确定优先节点选择策略，确定优先节点数量的更新，如此不断循环，形成一个优先节点数量不断完善的网络优先节点选择策略。

在这里，需要对当前时刻知识库的运作情况进行说明。该知识库的运作过程包括获取当前时刻网络状态数据获取、QoS 指标值选择、QoS 指标解析 3 大模块。

网络状态数据获取，是根据当前业务所在的信道情况，对影响网络状态的指标，如：速率、丢包率以及时延抖动等指标的实时获取。

QoS 指标值选择，基于数据库的选择模块，筛选出基于业务种类和数量规则的 QoS 指标。

QoS 指标解析，基于当前的业务种类和数量，计算满足用户业务需求的 QoS 指标值，也就是将当前时刻业务特征的 QoS 指标知识放进知识库中，重新计算当前业务特征的 QoS 指标，以保证 QoS 指标解析的正确性。

1.4 优先节点的信道分配策略

优先节点的信道分配策略遵循优先级高低进行择优分配策略。也就是，如果节点的优先级较高且节点所拥有的信道数量小于底线，那么优先级较高的节点优先从可用信道集合中选择容量最大的信道；相反，如果节点的优先级较低且节点所拥有的信道数量小于底线，那么优先级较低的节点则要等待优先节点信道分配结束后才

能选择信道。为了保证网络信道分配的公平性，在第 k 次分配中，从 QoS 标签排序为 k 的节点开始，到第 $k-1$ 个节点结束。

2 实验分析

本文仿真的网络环境是在广州市某区 $5\text{ km} \times 5\text{ km}$ 的范围内，该范围随机部署 1 000 个节点，该节点拥有带宽 1 MHz 的正交信道 20 个。

为了对比不同策略的网络性能，将基于信道容量的信道资源分配策略与基于用户 QoS 的网络资源分配策略进行网络性能对比。按照该区实时业务的使用频率和数量，将优先节点的数量设置的阈值定为 5%—10% 范围内。

(1) 网络总容量的对比

如图 3 所示，随着使用节点数量的增加，无论是基于用户 QoS 的网络资源分配策略还是基于信道容量的信道资源分配策略，网络总容量不断增加。随着频谱资源的利用率增加，网络的平均容量不断降低。这是因为随着节点数量的增加，更多的优质信道会被选中，资源得到充分利用。由于基于用户 QoS 的网络资源分配策略考虑了用户使用业务的 QoS 指标，也就是针对节点 i 承载的业务对传输速率、丢包率和时延抖动要求，优先从信道集合中容量最大的信道作为传输信道，因此，不仅满足用户使用业务的 QoS，还能有针对性应对该地区实时业务的需求，提升总体的网络容量。

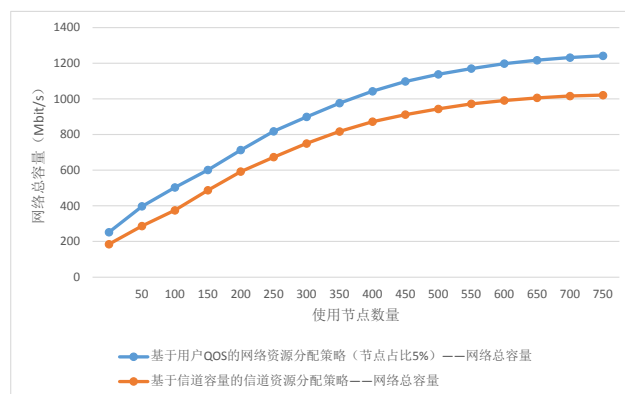


图3 网络总容量对比

(2) 网络公平性的对比

如图 4 所示，随着使用节点数量的增加，无论是基于用户 QoS 的网络资源分配策略还是基于信道容量的信道资源分配策略，网络公平性不断增加。随着频谱资源的利用率增加，网络公平性在逐渐降低。这是因为随着

节点数量的增加,更多的信道可以被选中,因此,网络公平性相对提升。由于本文的方法在每一轮信道的分配过程中,跟基于信道容量的信道资源分配策略相比是有区别的:在第 k 次分配中,从QoS标签排序为 k 的节点开始,到第 $k-1$ 个节点结束。这种分配策略能够保证排名第 k 名的节点在第 k 轮的信道分配时,能够优先选择可用信道集中性能最好的信道,因此在一定程度上保证网络信道分配的公平性。

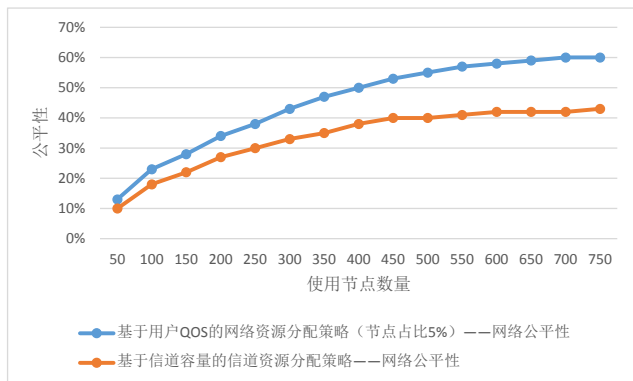


图4 网络公平性对比

从上述实验结果可知,可用信道和业务QoS的感知和检测都能在一定程度上提升频率资源的利用率,在满足用户最低QoS的情况下,合理控制优先节点选取可用信道策略有利于提升频谱利用率。

3 结束语

本文在5G异构网络的架构上,介绍一种基于用户QoS的网络资源分配策略,该策略是在兼顾收益和实时业务QoS的需求,利用贝叶斯网络推理当前优先节点的选择策略,然后基于确定的优先节点和节点自身拥有的信道数量,从可用信道集合中选择容量最大的信道。实验证明,该策略与基于信道容量的信道资源分配策略相比,无论在网络总体容量还是在网络公平性上,都具有良好的表现,而且基于用户QoS的网络资源分配策略考虑了用户的QoS指标,能够更好满足异构网络的实际需求。

参考文献:

[1] Han C, Armour S. Adaptive Power and Resource Allocation Strategies for Green Radio[C]// Global Telecommunications

Conference. IEEE, 2011: 1-5.

- [2] Gong X, Vorobyov S A, Tellambura C. Joint Bandwidth and Power Allocation with Admission Control in Wireless Multi-User Networks with and Without Relaying[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2011, 59(4): 1801-1813.
- [3] Gardellin V, Das S K, Lenzini L. Self-coexistence in cellular cognitive radio networks based on the IEEE 802.22 standard[J]. IEEE Wireless Communications, 2013, 20(2):52-59.
- [4] Asif Z, Qadir J, Baig A. Channel assignment in non-cooperative coexisting co-located independent cognitive radio networks[C]// Inmic. IEEE, 2014:115-120.
- [5] 张强. 异构认知网络资源分配及路由策略研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2017.
- [6] 张蒙晰. 异构无线网络资源分配策略研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2018.
- [7] 顾宏程. 视频会议业务QoE-QoS关联模型研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2020.
- [8] 曹亚平, 方宇, 王飞飞, 等. 5G QoS优先级调度策略在5G 2B业务中的应用[J]. 移动通信, 2020, 44(7): 29-35.
- [9] Mahmud S A, Khan S, Al-Raweshidy H S. A resource allocation strategy for meshed high data rate WPANs[J]. IEEE Communications Letters, 2010, 14(6): 524-526.
- [10] Zhang X, Zhao N, Yu F R, et al. Resource Allocation in Topology Management of Asymmetric Interference Networks[J]. IEEE Systems Journal, 2017: 1-11.
- [11] Alitalieshi A, Ghazizadeh R, Kalbkhani H. Ameliorated Resource Allocation in Two-Tier Femtocell-Macrocell Networks with Six Directional Antennas for Macrocells[J]. Wireless Personal Communications, 2016.
- [12] Gui J, Lu Y, Deng X, et al. Flexible Resource Allocation Adaptive to Communication Strategy Selection for Cellular Clients Using Stackelberg Game[J]. Ad Hoc Networks, 2017, 66(nov.): 64-84. ★

作者简介



钱会 (orcid.org/0000-0001-7175-1125): 硕士毕业于西安电子科技大学, 现任职于中国移动通信集团广东有限公司, 从事无线网络优化、规划工作, 主要负责4G、5G宏站、微站规划。