

基于异构无线网络的赋权算法^①

张 清

(兰州理工大学 技术工程学院, 兰州 730050)
通讯作者: 张 清, E-mail: mja860518@163.com

摘 要: 随着无缝连接技术的发展, 以多媒体应用服务为核心的无线电技术必须满足用户网络服务质量的要求. 对于异构无线网络, 可能发生不同技术和管理域之间的切换, 切换判决不再基于某一参数而是建立在多属性综合考虑的基础上. 该文就是针对多属性中各参数权重值的确定进行研究, 通过对层次分析法、变异系数法、熵值法 3 种权重赋值方法进行分析, 在不同业务类型下对异构无线网络指标进行评价.

关键词: 权重; 异构无线网络; 层次分析法; 变异系数法; 熵值法

引用格式: 张清. 基于异构无线网络的赋权算法. 计算机系统应用, 2017, 26(12): 196-199. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/6160.html>

Weighted Algorithm Based on Heterogeneous Wireless Network

ZHANG Qing

(College of Technology and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: With the development of seamless connection technology, multimedia applications as the core of the radio technology must meet user networks' requirements for service quality. For heterogeneous wireless networks, switching between different technologies and management domains may occur, and the handoff decisions is no longer based on a parameter but on a multi-attribute synthesis. This paper studies the determination of the weight value of each parameter in multiple attributes. Through the analysis of three kinds of weight assignment methods: analytic hierarchy process, coefficient of variation method and entropy method, the heterogeneous wireless network metrics are evaluated under different business types.

Key words: weight; heterogeneous wireless network; analytic hierarchy process; coefficient of variation method; entropy method

随着无线电接入技术的发展以及用户对无所不在的高速接入网络需求的增加, 使得诸如无线广域网 (WWAN)、无线城域网 (WMAN)、无线局域网 (WLAN) 和无线个人局域网 (WPAN) 的无线网络被广泛的应用. 无线通信网络主要包括码分多址接入网络 CDMA、第三代移动通信系统的通用移动通信系统 UMTS、全球通信系统 GSM、全球通用微波接入 Wimax 等. 在这种异构网络环境下, 移动性管理 (终端设备的应用程序和操作系统寻找最佳无线网络环境, 并通过复杂方式与该环境中的网络进行无缝交互的能力) 就显得尤为重要. 这其中主要包括异构无线网络探

测、网络判决以及网络间的无缝切换等功能. 本文主要研究异构网络中的垂直切换问题, 而异构网络的切换判决问题是一个多属性判决问题^[1,2], 因为在异构无线网络中可能发生不同技术和管理域之间的切换, 切换判决将不再基于某一个参数来决定, 而是建立在多个属性综合考虑的基础之上.

1 不同赋权算法

1.1 层析分析法赋权

层次分析法 AHP (Analytic hierarchy process) 是一

^① 收稿时间: 2017-04-12; 修改时间: 2017-05-02; 采用时间: 2017-05-10

种解决多目标的复杂问题的定性与定量相结合的决策分析方法. 运用层次分析法构造系统模型时, 大体可以分为以下四个步骤: 建立层次结构模型、构造成对比较矩阵、层次单排序及其一致性检验、层次总排序及其一致性检验.

根据业内技术要求将 3GPP 业务划分为 4 类: 会话业务、流媒体业务、交互式业务以及背景/后台业务^[4], 利用层次分析法中的特征向量法来决定各个属性之间的权重关系, 首先分析可选网络的可用属性, 构建包含目标层、准则层和方案层的层次结构模型; 接着从第二层开始用成对比矩阵和 1~9 尺度构造成对比较矩阵 G. 计算单排序权向量和总排序权向量并做一致性检验, 当一致性比例 $CR < 0.1$ 时, 得到判决矩阵和权重向量, 若不通过, 则需要重新构造成对比矩阵.

本文从用户体验角度出发, 选取满足 QoS 要求的三个指标: 时延 (delay)、吞吐量 (throughput) 和丢包 (packets dropped), 由层次分析法的 1-9 标度 (如表 1) 分别构造出 4 个判决比较矩阵 G, 并通过特征向量法计算各指标的权重值, 通过一致性检验 (表 2) 得到相应的权重值, 结果如表 3 至表 6 所示.

表 1 1-9 标度

指标比较	一样重要	比较重要	重要	很重要	绝对重要	相邻中间值
标度值	1	3	5	7	9	2 4 6 8

表 2 1~9 阶矩阵的 R.I. 值

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R.I.	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.46

表 3 会话类业务判决矩阵

会话G ₁	吞吐量	时延	丢包	权重值
吞吐量	1	1/9	1	0.0909
时延	9	1	9	0.8182
丢包	1	1/9	1	0.0909

表 4 流媒体类业务判决矩阵

流媒体G ₂	吞吐量	时延	丢包	权重值
吞吐量	1	1/3	1/9	0.0704
时延	3	1	1/5	0.1782
丢包	9	5	1	0.7514

表 5 交互类业务判决矩阵

交互G ₃	吞吐量	时延	丢包	权重值
吞吐量	1	5	5	0.7143
时延	1/5	1	1	0.1429
丢包	1/5	1	1	0.1429

从表 3 至表 6 可以算出各类业务判决矩阵检验一致性比 $CR_1=0$ 、 $CR_2=0.0158$ 、 $CR_3=0$ 、 $CR_4=0.0614$, 均小于 0.1, 所以各判决矩阵均具有满意的一致性.

表 6 后台类业务判决矩阵

后台G ₄	吞吐量	时延	丢包	权重值
吞吐量	1	9	5	0.7085
时延	1/9	1	1/5	0.0603
丢包	1/5	5	1	0.2311

从分析结果可以看出, 四类业务主要分为实时业务和非实时性业务, 所以权重因子对于四类业务的体现完全不同^[9]. 会话业务中端到端时延最为关键, 流媒体业务中以网络丢包的影响最大, 交互类业务和后台类业务都是以吞吐量的影响最大. 文献[4]中将 3GPP 无线网络业务类型进行划分, 提出基于业务类型的异构无线网络选择算法. 该算法主要考虑的网络参数包括: 数据速率、时延、可靠性、安全性、价格等对不同业务的影响, 通过模糊层次分析法综合评价选出最佳网络. 从计算结果可以看出对于会话类业务对时延的要求较高, 流媒体业务和交互类业务传输速率要求较高, 背景类业务对可靠性要求较高. 文献[9]通过层次分析法确定各评价参数的主观权重, 再利用熵值法计算网络性能差异的客观权重, 通过综合权重的计算得到网络的综合隶属度值, 从而接入最优网络. 该文中主观权重的计算结果表明会话类业务对时延的要求较高, 交互类和背景类业务对传输速率要求较高, 流媒体类对误码率的要求较高.

从本文和参考文献的主观权重计算结果可以看出, 层次分析法中专家对指标的选取、指标关联度的评价对计算结果的影响较大. 层次分析法对专家的评价依赖性较大但可以很好的体现出专家的经验值, 如果专家之间对评判过程有较大分歧时还是应该选择客观赋权法进行指标权重的确定.

1.2 变异系数法赋权

变异系数法 (Coefficient of variation method) 是直接利用各项指标所包含的信息, 通过计算得到指标的权重, 是一种客观赋权的方法. 此方法的基本做法是: 在评价指标体系中, 指标取值差异越大的指标, 也就是越难以实现的指标, 这样的指标更能反映被评价单位的差距.

(1) 构建网络指标矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times m}$, 计算相应的均值和标准差, 并通过变异系数公式求出各项指标的变

异系数:

$$V_j = \frac{d_j}{\bar{X}_j}$$

其中 V_j 是第 j 项的变异系数, d_j 是第 j 项指标的标准差, \bar{X}_j 是第 j 项指标的平均数.

$$\bar{X}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{ij}$$

$$d_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (a_{ij} - \bar{X}_j)^2}$$

(2) 对各项指标的变异系数进行归一化处理, 得到各项指标的权重值:

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^n V_j}$$

变异系数法直接利用各项指标所包含的信息, 通过计算达到指标的权重.

在选取网络性能指标时考虑的主要原则有: 全面性、易测性、业务性. 在变异系数法中根据上述原则和 Qos 要求, 同样选取时延 (delay)、吞吐量 (throughput) 和丢包 (packets dropped) 这三个测量指标. 通过 OPNET 进行仿真获取相应网络性能指标的样本值如表 7 所示, 通过变异系数法求得相应的指标权重值为 $W=(0.1355, 0.6405, 0.2240)$. 本方法基于样本的计算结果表示吞吐量相对于其他两个指标对网络选择影响较大, 但结果仅局限于样本且计算结果较为均一.

表 7 网络性能样本统计值

节点数(个)	delay(sec)	packets dropped(packets)	throughput(bps)
10	0.008915	17.9783	17953.9
20	0.012673	53.9048	39468.97
30	0.014245	17.957	71349.97
40	0.012944	197.7556	63251.34
50	0.015036	269.5714	74462.57
60	0.016527	341.377	89835.1
70	0.014465	557.2346	66622.48
80	0.018303	629.186	77485.95
90	0.015555	772.9882	74098.99
100	0.019115	934.7765	70932.6
110	0.016995	1006.682	83228.23
120	0.016718	1222.437	61162.07
130	0.015968	1456.138	57377.68

1.3 熵值法赋权

熵在信息论中是对系统差异程度的度量, 熵值法 (Entropy method) 是一种客观赋权方法, 能体现出各指

标之间的动态变化程度和相互间的相竞争关系, 同时可以消除多属性之间的主观随意性. 根据熵的特性, 我们可以通过计算熵值来判断一个事件的随机性及无序程度, 也可以用熵值来判断某个指标的离散程度, 指标的离散程度越大, 该指标对综合评价的影响越大.

熵值法是较为客观的一种赋权方法, 根据不同网络属性的差异程度, 利用熵计算不同网络属性权重的步骤如下:

(1) 根据各指标实测值构成相应决策矩阵 D , 通过归一化处理得到标准化矩阵 $R=(r_{ij})_{n \times m}$.

$$\text{效益型指标: } r_{ij} = \frac{d_{ij} - \min(d_j)}{\max(d_j) - \min(d_j)}$$

$$\text{成本型指标: } r_{ij} = \frac{\max(d_j) - d_{ij}}{\max(d_j) - \min(d_j)}$$

(2) 计算某个指标的熵值:

$$E_j = -K \sum_{i=1}^n r_{ij} \ln r_{ij}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, m$$

其中 K 为常数.

对某个评价因子而言, 当所有网络的该指标值相同时, 接入网络的模糊性最大, 此时 $r_{ij} = \frac{1}{m}$ 则 E_j 取最大值即:

$$E_{j-\max} = -K \ln \left(\frac{1}{m} \right) = K \ln m$$

因此本文取 $K = \frac{1}{\ln m}$.

(3) 定义各评价指标的区分度为: $G_j = 1 - E_j$.

(4) 根据前面的公式可计算出第 j 项指标的权重为:

$$Q_j = \frac{G_j}{\sum_{j=1}^m G_j}$$

熵值法在计算时同样也需要一组网络性能指标的样本值, 大部分文章在研究赋权算法时均未列出所选指标样本值, 文献[7]在利用粗糙熵计算客观权重时给出了一组历史的可生存性评估指标值, 总共 100 组已经标准化后的数据共 12 个指标作为计算客观权重的数据集, 但却没有说明 12 个指标的具体含义故参考意义不大. 所以本文为了更直观的比较各赋权法的差异, 在熵值法中同样选取时延 (delay)、吞吐量 (throughput) 和丢包 (packets dropped) 三个指标, 依然选择变异系数法中的指标样本值, 通过熵值法公式计算相应的权重值为 $Q=(0.4402, 0.3420, 0.2179)$.

熵值法的计算结果表示时延相对其他两个指标对

网络的选择影响较大,但是计算过程紧密的与实际的监测样本相结合,虽然考虑了各个指标之间的相互关系,也削弱了异常值对评价结果带来的影响,也因此带来了指标之间权重分配均衡化的问题。

2 不同赋权算法比较结果

本文主要针对上述3种赋权算法开展研究。层次分析法赋权建立在有序的递阶指标体系基础上,通过对比同一层次各指标的相对重要性来综合计算指标的权重系数。该方法采用标度值进行权重计算,定量数据较少计算结果较为主观,对评价结果有一定的影响。并且当指标较多时,数据统计量大且权重难以确定。变异系数法主要根据各指标在所有评价对象上的变化程度来判断各评价对象是否达到指标平均水平的难易程度。该方法可以避免专家赋权的主观认识,能较为客观的反映出网络各项指标的重要程度,但是所得到的权重值较为均一。熵值法与变异系数法一样都属于客观赋权方法,它通过计算指标的信息熵,根据指标的相对变化程度对系统整体的影响来决定指标的权重,相对变化程度大的指标具有较大的权重。该方法能较深刻的反映出指标信息熵值的效用价值,从而确定权重;并且由它得出的指标权重值比主观赋权法具有较高的可信度和精确度。但是熵值法缺乏各指标之间的横向比较,且各指标的权重随样本的变化而变化,也就是说权重比较依赖于样本,所以在应用上比较受限制。

从上述分析中可以看出,层次分析法虽然对专家经验有较大依赖,但可以很好的考虑指标之间的差异性。变异系数法和熵值法虽然计算过程较为客观,但是对指标样本值依赖大,各指标在计算时同等对待,所以较难反映出影响网络性能的主要指标。不难看出三种方法都比较集中于网络某些方面的变化特性来进行权重赋值,较难反映出网络整体的综合特性,不同的方法对不同的网络有着不同适用性,但是这一点在以往的模糊综合评价方法的改进研究中往往被忽视。

3 结束语

本文采用了三种方法对网络性能指标进行评价,

其中层次分析法属于主观赋权方法,变异系数法和熵值法都属于客观赋权法。本文通过采集相关指标样本值,在三种方法中引入相同指标,这样可以更加直观的进行赋权方法的比较。从结果中可以看出客观赋权法相比主观赋权法,更加充分的考虑了指标之间的关联性,并且弱化了异常值带来的影响,使评价结果更加合理;避免了人为的干扰因素,可以适当的消除主观赋权法在评价时专家之间的分歧,使评价结果更加客观。本文只对网络切换中指标权重的计算方法进行了研究,后续工作将对网络指标的综合评价方法及实际应用进行研究。

参考文献

- 1 Ali RB, Pierre S. On the impact of soft vertical handoff on optimal voice admission control in PCF-based WLANs loosely coupled to 3G networks. *IEEE Trans. on Wireless Communications*, 2009, 8(3): 1356–1365. [doi: [10.1109/TWC.2008.071354](https://doi.org/10.1109/TWC.2008.071354)]
- 2 Yan XH, Şekercioglu YA, Narayanan S. A survey of vertical handover decision algorithms in fourth Generation heterogeneous wireless networks. *Computer Networks*, 2010, 54(11): 1848–1863. [doi: [10.1016/j.comnet.2010.02.006](https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.02.006)]
- 3 Stevens-Navarro E, Wong VWS. Comparison between vertical handoff decision algorithms for heterogeneous wireless networks. *Proc. of IEEE the 63rd Vehicular Technology Conference*. Melbourne, Australia. 2006. 947–951.
- 4 孙阳, 孙文生. 基于业务类型的异构无线网络选择算法. *中国电子科学研究院学报*, 2009, 4(4): 337–341.
- 5 丁开盛, 张学渊, 梁雄健. 电信网可靠性的综合评价方法. *北京邮电大学学报*, 1999, 22(1): 66–70.
- 6 伍文, 孟相如, 马志强, 等. 基于组合赋权的网络可生存性模糊综合评估. *系统工程与电子技术*, 2013, 35(4): 786–790.
- 7 吴平, 吕露. 基于决策融合的异构网络选择算法. *桂林电子科技大学学报*, 2013, 33(5): 384–389.
- 8 蒋溢, 高宏宇. 基于实时多业务的异构网络接入选择算法. *计算机应用与软件*, 2016, 33(12): 98–101. [doi: [10.3969/j.issn.1000-386x.2016.12.024](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-386x.2016.12.024)]
- 9 齐新光, 梁俊, 肖楠, 等. 基于模糊多属性综合权重的异构网络选择算法研究. *现代防御技术*, 2013, 41(6): 76–82.
- 10 陈敏. OPNET 网络仿真. 北京: 清华大学出版社, 2004.