

一种改进的基于代价函数的垂直切换算法

樊辰曦¹, 俞成海¹, 何永伟²

(1. 浙江理工大学信息学院, 杭州 310018; 2. 中国农业银行股份有限公司诸暨市支行, 浙江诸暨 311817)

摘要: 针对目前有一些切换算法没有综合考虑多种属性以及多种属性的权重对代价函数产生的影响, 导致切换性能不理想的问题, 提出一种改进的基于代价函数的垂直切换算法。该算法采用层次分析法来确定多种属性之间的权重关系, 构造比较判决矩阵并检验其一致性切换判决, 然后利用切换判决代价函数进行垂直切换的判决。实验结果表明提出的算法能够综合考虑各属性间关系, 从而获得良好的切换性能。

关键词: 异构网络融合; 垂直切换; 层次分析法; 代价函数

中图分类号: TN929.5

文献标志码: A

0 引言

下一代移动通信系统的特征是多种无线接入技术并存, 相互补充, 无缝集成。不同的接入技术在带宽、传输时延、覆盖范围与移动性支持等方面存在差异, 没有一种单一的无线网络能够同时满足广覆盖、低时延、高带宽、低成本等要求^[1-3]。TD-SCDMA 系统提供广域无线覆盖、支持高移动性, 提供语音业务和中、低速数据业务; WiMax 提供热点区域覆盖, 支持游牧移动性, 提供高带宽流媒体数据。两者具有很强的互补性, 两者联合组网可以弥补各自的不足^[4]。当双模终端在两个网络的重叠覆盖区域移动时, 可以根据业务和负载情况选择合适的接入网络。

在异构网络环境中, 为了使移动终端从一种接入网移动到另一种接入网时保持连接不中断, 实现异构网络间的无缝漫游, 研究者提出了垂直切换技术。目前, 垂直切换算法大致上可以分为三类: 基于RSS判决算法、基于多属性判决算法、基于人工智能判决算法。基于RSS判决算法比较简单, 易于实现, 但算法只考虑接受到的信号强度, 比较单一; 基于人工智能判决算法在一定程度上判决的结果比较精确, 但是算法的计算量和复杂度很大, 导致其应用

范围受到限制。基于多属性判决算法能够考虑较多的网络属性参数, 可以综合评估网络的性能, 算法的复杂度适中, 因此受到广泛的关注^[5-6]。基于代价函数算法就属于多属性算法的一种。本文提出一种改进的基于代价函数的判决算法, 该算法结合层次分析法的思想来确定各属性之间的权重关系, 构造比较判决矩阵并检验其一致性切换判决, 然后利用切换判决代价函数判断切换是否执行。

1 层次分析法

AHP(analytic hierarchy process)层次分析法是美国运筹学家 Satty 教授于 20 世纪 80 年代提出的一种实用的多方案和多目标的决策方法。其主要特征是, 它合理的将定性与定量的决策结合起来, 按照思维、心理的规律把决策过程层次化、数量化。AHP 分析问题大体分为以下几个步骤: 构建层次结构模型、构建判断矩阵、层次单排序以及一致性检验^[7-8]。

1.1 构建层次结构模型

多属性判决中使用层次分析法最主要的是决策者形象化地使用属性层次结构来构造复杂的多属性决策成为可能。将属性因素按不同层次聚集组合,

收稿日期: 2014-03-28

基金项目: 浙江省自然科学基金(LY12F0204); 国家自然科学基金(61202050); 新苗人才计划(2013R406014)

作者简介: 樊辰曦(1988-), 女, 河北邯郸人, 硕士研究生, 主要从事无线与移动通信技术方面的研究。

通信作者: 俞成海, E-mail: ych@zstu.edu.cn

形成一个多层分析结构模型,最终归结为最低层(方案,指标等)相对于最高层(总目标)相对重要的程度的权重。

采用 AHP 进行权重计算时,可以将网络问题的每个属性分配一个权重,并比较各属性之间的相对性和一致性。本文中,移动终端在 TD-SCDMA 和 WiMAX 异构融合网络间漫游,用户使用语音业务,使用 RSS(接收信号强度)、时延、带宽、用户偏好、价格作为网络的评价属性,建立层次结构模型如图 1 所示。

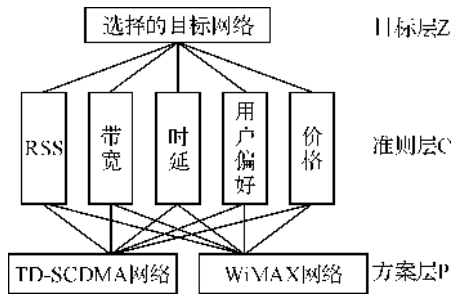


图 1 网络选择层次结构模型

1.2 构建判断矩阵

通过相互比较确定各准则相对于目标的权重,即构建判断矩阵。矩阵判断标度采用 1—9 标度法(如表 1)。

表 1 1—9 标度法判断矩阵

标度	含义
1	表示两个元素相比,具有同样的重要性
3	表示两个元素相比,前者比后者稍重要
5	表示两个元素相比,前者比后者明显重要
7	表示两个元素相比,前者比后者极其重要
9	表示两个元素相比,前者比后者强烈重要
2、4、6、8	表示上述相邻判断的中间值

设判断矩阵为 A , 则 $A=(a_{ij})_{nm}, a_{ji}=\frac{1}{a_{ij}}$ 。从准则层来说,对于语音会话要求的带宽较小,但要求较低的时延,且为实时业务。按照 1—9 标度法,给出相应的比较判断矩阵。

表 2 中,针对语音会话业务,根据以往经验,由于用户对信号强度、时延的要求较高,而且偏爱价格较低的网络,因此 RSS、时延的相对重要性较高,其

表 2 语音会话业务

A	RSS	时延	带宽	用户偏好	价格
RSS	1	3	5	9	7
时延	1/3	1	3	7	5
带宽	1/5	1/3	1	4	2
用户偏好	1/9	1/7	1/4	1	1/3
价格	1/7	1/5	1/2	3	1

次为带宽、价格和用户偏好。 A 表示一个矩阵, RSS、时延、带宽、用户偏好、价格表示这个矩阵的各个元素,其组成一个 5×5 的矩阵, a_{ij} 即为上述元素之比得到数值。

1.3 利用判断矩阵计算各因素 C 对目标层 Z 的权重

a) 将 A 的每一列向量归一化得: $\tilde{w}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$

b) 将 \tilde{w}_{ij} 按行求和得: $\tilde{w} = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_{ij}$

c) 将 \tilde{w} 归一化 $w_i = \frac{\tilde{w}_i}{\sum_{i=1}^n \tilde{w}_i}$ 得: $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 即为权向量。

d) 计算 $\lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{w_i}$, 作为最大特征根的近似值。

1.4 判断矩阵的一致性检验

为了能用特征根的特征向量作为比较因素的权向量,其不一致程度通常要在容许的范围内。一致性指标: $CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$, $CI = 0$ 时, A 一致; CI 越大, A 的不一致性程度越严重。随机一致性指标 $RI^{[9]}$ 如表 3。

表 3 一致性指标

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

则一致性比率: $CR = \frac{CI}{RI}$, 当 $CR < 0.1$ 时, A 的不一致性程度在容许范围内,此时 A 的特征向量可以作为权向量。上述语音会话业务的属性因素权向量, λ_{\max} 以及一致性比率为: $w = (0.509, 0.265, 0.117, 0.037, 0.073)$, $\lambda_{\max} = 5.174$, $CR = 0.036 < 0.1$ 。 A 的不一致程度在容许范围内,可以作为属性因素权向量。

2 切换判决代价函数

基于代价函数的切换判决算法引入若干参数来计算网络的代价函数,对不同的网络条件具有不同的代价参数,如覆盖网络的带宽、覆盖网络的资费情况等。本文将从 RSS、带宽、时延、用户满意度以及价格方面来比较移动终端在接入到某个覆盖网络时所付出的代价函数的大小,以此来决定是否发生判决^[10-12]。因此,代价函数公式可以改写为:

$$Cost=w_{RSS}+w_d\ln d+w_b\ln \frac{1}{B}+w_c\ln C+w_l\ln \frac{1}{live}$$

其中 w_{RSS} 、 w_d 、 w_b 、 w_c 、 w_l 分别为 RSS、时延、带宽、价格、用户偏好的权重因子,并且满足条件: $w_{RSS}+w_d+w_b+w_c+w_l=1$

本文方法的主要思想是根据层次分析法的思想来确定各权重因子的大小,利用层次分析法计算的权值和约为 1,然后利用代价函数判决算法,当移动终端发现目标接入网络的总代价函数值小于当前接入网络的总代价函数值时,即从中选择代价函数取值最小的网络, $Cost_{opt}=\min\{Cost_1, Cost_2\}$ 。 $Cost_1$ 为 TD-SCDMA 的代价函数, $Cost_2$ 为 WiMax 的代价函数。算法流程图如图 2 所示。

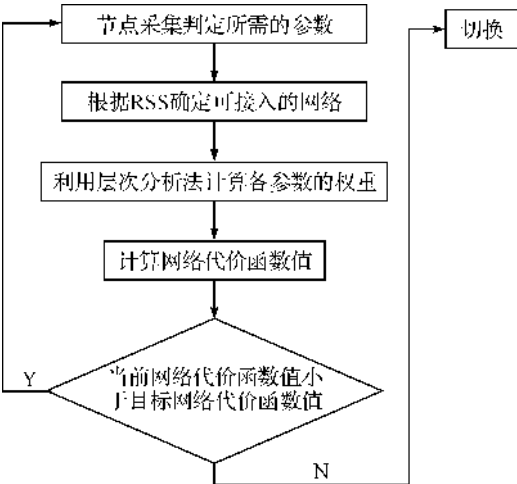


图 2 算法流程

3 仿真实现

3.1 相关业务参数的设定

为了验证算法的可行性和准确性,设置了一个异构网络融合场景,如 3 图所示。该场景采用松耦合方式进行融合,融合网络采用的是 TD-SCDMA 与 WiMax 网络的融合,TD-SCDMA 的载波频率是 2 000 MHz,WiMax 的载波频率是 2 500 MHz,发射功率分别是 33,23 dBm。各自的基站坐标为(−700, −400)、(−700,400)、(0,0)、(600,0),移动终端网络检测间隔时间为 0.02 s,在网络覆盖范围内,移动用户从坐标(100,0)沿箭头所指方向一直做匀速直线运动,速度设为 5 m/s。对于用户来说,由于接收到的 TD-SCDMA 与 WiMAX 的信号强度很弱,因此其并不在候选网络集中。两种网络特性参数的设置均参考文献[4,13],其它网络特性参数如表 4。

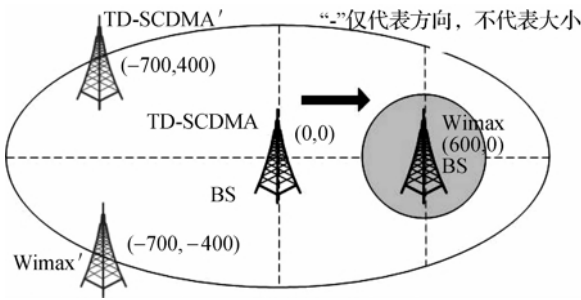


图 3 异构网络融合场景

表 4 网络特性参数

	时延/ms	带宽/M	用户偏好	价格/元
TD-SCDMA	1.1	8	5	0.3
WiMax	0.9	16.5	1	0.1

设定业务类型为语音会话业务,与文献[4]相同,其参数设置如表 5 所示。

表 5 业务类型参数

服务类型	占用带宽/M	实用性
语音会话	0.38	实时

3.3 性能分析

为验证该算法的优越性,本文将从两种判决算法的切换次数进行比较,采用 Matlab 软件进行仿真,当移动终端在网络融合区域以 5 m/s 的速度移动时,移动终端将在网络之间发生切换,以选择性能更优的网络。其运行结果如图 4 所示。从图 4 中可以看出,由于受到周围环境因素(如电磁干扰)等的影响,其接收到的信号强度不断变化,从而在两个网络之间进行频繁的切换;本文算法考虑多种属性因素对切换产生的影响,并利用层次分析法的思想来确定代价函数的权重关系,其算法运行结果见图 5。从图 5 中可以看出,移动节点发生切换的次数明显减少,由此可见,本文算法可有效减少不必要的切换,抑制乒乓效应的发生。

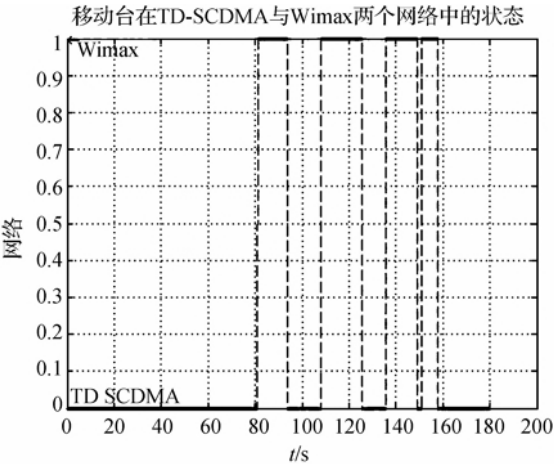


图 4 传统的基于 RSS 的垂直切换算法运行结果

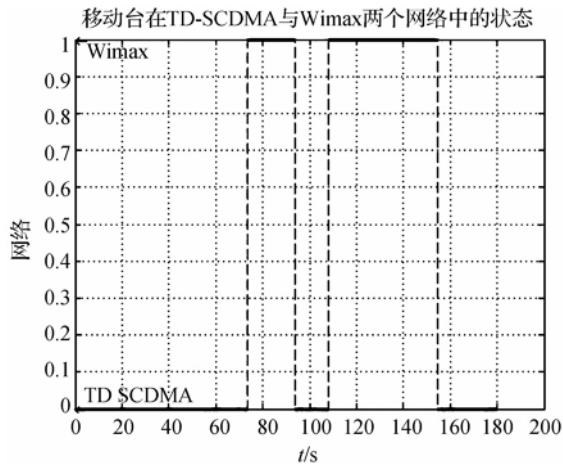


图5 基于本文算法的运行结果

4 结 语

针对目前异构网络融合的需求,本文利用对 TD-SCDMA 网与 WiMax 网之间的垂直切换过程涉及到的性能参数的分析,用层次分析法实现了各属性参数的权重的计算,并用代价函数来实现网络之间垂直切换的判决。该算法能够保证用户 QoS,提高了网络的综合性能。

参考文献:

- [1] 李 军, 宋 梅, 宋俊德. TD-SCDMA 和 WiMAX 异构网络融合方案的初步考虑[J]. 电子技术应用, 2007, 33(6): 4-7.
- [2] 刘 敏, 李忠诚, 过晓冰, 等. 异构无线网络中垂直切换算法的评测与改进[J]. 软件学报, 2007, 18(7): 1652-1659.
- [3] 刘 敏, 李忠诚, 徐 刚, 等. 异构无线网络中的垂直切换仿真评价模型及评价指标[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(2): 277-281.
- [4] 王玉娟. 异构网络融合方案设计与切换技术研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2013.
- [5] Stevens-Navarro E, Wong V W S. Comparison between vertical handoff decision algorithms for heterogeneous wireless networks [C]//Vehicular Technology Conference, 2006. VTC 2006-Spring. IEEE 63rd. IEEE, 2006: 947-951.
- [6] Tabrizi H, Farhadi G, Cioffi J. Dynamic handoff decision in heterogeneous wireless systems: Q-learning approach[C]//Communications (ICC), 2012 IEEE International Conference on. IEEE, 2012: 3217-3222.
- [7] Preethi G A, Chandrasekar C. A network selection algorithm based on AHP-OW a methods [C]//Wireless and Mobile Networking Conference (WMNC), 2013 6th Joint IFIP. IEEE, 2013: 1-4.
- [8] Zhang L, Zhu Q. Multiple attribute network selection algorithm based on AHP and synergetic theory for heterogeneous wireless networks[J]. Journal of Electronics (China), 2014, 31(1): 29-40.
- [9] 刘胜美, 孟庆民, 潘 甦, 等. 异构无线网络中基于 SINR 和层次分析法的 SAW 垂直切换算法研究[J]. 电子与信息学报, 2011, 33(1): 235-239.
- [10] Shen W, Zeng Q A. Cost-function-based network selection strategy in integrated wireless and mobile networks[J]. Vehicular Technology, IEEE Transactions on, 2008, 57(6): 3778-3788.
- [11] Cui H, Yan Q, Cai Y, et al. Heterogeneous network selection using a novel multi-attribute decision method [C]//Communications and Networking in China, 2008. ChinaCom 2008. Third International Conference on. IEEE, 2008: 153-157.
- [12] Shen W, Zeng Q A. A novel decision strategy of vertical handoff in overlay wireless networks [C]//Network Computing and Applications, 2006. NCA 2006. Fifth IEEE International Symposium on. IEEE, 2006: 227-230.
- [13] 王 康, 曾志民, 冯春燕, 等. 一种多属性决策的异构网络选择算法[J]. 无线电工程, 2009, 39(1): 1-3.

An Improved Vertical Handoff Algorithm Based on Cost Function

FAN Chen-xi¹, YU Cheng-hai¹, HE Yong-wei²

(1. The School of Information Science and Technology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Zhuji Branch of the Agricultural Bank of China, Zhuji 311817, China)

Abstract: Currently, some handoff algorithms fail to overall consider multiple attributes and the weight of multiple attributes impose impacts on cost function. Thus, handoff performance is not ideal. Aiming at these problems, this paper proposes an improved vertical handoff algorithm based on the cost function. The algorithm adopts the analytic hierarchy process (AHP) to confirm the weight relations among multiple attributes. It constructs comparative judgment matrix and tests consistency handover decision, and uses the cost function to complete the judgment of vertical handover. The results show that the algorithm proposed comprehensively considers the relationship between the attributes and reaches good switching performance.

Key words: heterogeneous network convergence; vertical handover; AHP; cost function

(责任编辑: 陈和榜)