

基于 Vague 集的异构网络垂直切换算法

王 静, 胡明娣

(西安邮电大学 通信与信息工程学院, 西安 710121)

摘要:为了使第三代移动通信技术与无线局域网能够最有效地融合,提出了一种新的基于 Vague 集的多目标决策算法。首先对所提算法的唯一性进行证明,之后针对异构网络中的各个参数值,根据其特点利用不同的公式进行 Vague 化处理,并利用所提算法对这些处理过的数据进行计算和仿真,最后将仿真结果与传统的模糊集切换算法进行了比较。通过仿真结果的比较可以看出,在异构网络的切换融合中,所提算法更加智能化,同时能更加有效地减少乒乓效应。

关键词:异构网络;切换;Vague 集;乒乓效应

中图分类号:TP391 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-8788(2017)03-0062-04

Based on Vague Set of Vertical Heterogeneous Network Switching Algorithm

WANG Jing, HU Ming-di

(School of Communication and Information Engineering, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an 710121, China)

Abstract: The third generation mobile communication technology and wireless LAN are required to integrate effectively. In order to have the most effective integration, this paper proposes a new multi-objective decision algorithm based on Vague set. Firstly, this paper proves the uniqueness of the proposed algorithm. Then, according to each parameter value in heterogeneous network and its characteristic, we use different formulas to deal with parameters, and use the proposed algorithm to calculate and simulate data. Finally, the simulation results are compared with those of the traditional fuzzy switching algorithms. By comparing the simulation results, we find that the proposed algorithm is more intelligent, and can effectively reduce the ping-pong effect in a heterogeneous network switch in the integration.

Key words: heterogeneous network; swith; Vague sets; ping-pong effect

0 引 言

随着无线技术和无线网络的迅猛发展,无线网络已经不能只靠单一的技术网络来维持,而是演变成了多种技术融合而成的无线异构网络。我们把这种多种接入技术同时并存的现象称为垂直切换。垂直切换过程可以分为 3 部分:系统发现、切换判决和切换执行^[1]。其中,切换判决是最关键的一步,目前最常用的切换判决方法为多属性判决^[2](Multiple Attribute Decision Making, MADM)。1970 年, Bellman 和 Zadeh 将模糊集理论运用到了多属性决策中^[3];1993 年, Gau 和 Buehrer 提出了 Vague 集理论^[4],他们认为 Vague 集事实上是模糊集概念的一种延伸,此理论将模糊集中的隶属度值扩展到了区间值上,并通过真假两个隶属度函数来分别定义 Vague 集中元素的取值区间。之后, Chen 和 Tan 将 Vague 集的思想应用到了多目标决策问题中,并利用记分函数和加权记分函数的形式进行决策^[5]。本文在 Chen 和 Tan 的方法的基础上,提出了一种新的记分函数,并进行了仿真,仿真结果表明,此记

分函数能够更加有效地进行异构网络的切换与融合,同时还能够有效地减少乒乓效应^[6],使得推理结果更为智能化。

1 3G-WLAN 的系统模型

3G-WLAN 系统模型^[2]如图 1 所示。假设移动节点(Mobile Node, MN)处于 3G 蜂窝网络如通用

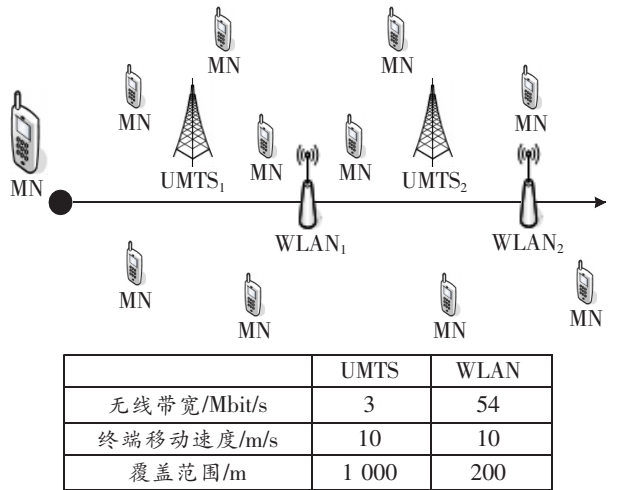


图 1 3G-WLAN 系统模型

收稿日期:2016-12-22
基金项目:国家自然科学基金资助项目(61502386);陕西省教育厅资助项目(2013JK1074)
作者简介:王静(1992—),女,陕西西安人。硕士,主要研究方向为移动互联网。

移动通信系统(Universal Mobile Telecommunication System, UMTS)和无线局域网(Wireless Local Area Network, WLAN)覆盖区域内,那么当用户从最初的 UMTS 网络进入到 WLAN 热点服务的范围内时,就会出现异构网络垂直切换的情况,而网络之间什么时候进行切换,怎样进行有效切换,则需要一种有效的垂直切换算法。根据以上需求,本文提出一种基于 Vague 集的垂直切换算法。

2 Vague 集的定义及运算

定义 1^[7]:假设 U 是一个论域,对于 U 的任意一个元素 x , U 中的 Vague 集 A 可以用一个假隶属函数 $f_A(x)$ 和一个真隶属函数 $t_A(x)$ 来表示,其中 $f_A(x)$ 是从反对 x 的证据所导出的 x 的否定隶属度下界, $t_A(x)$ 则是从支持 x 的证据所导出的 x 的真隶属度下界, $f_A(x)$ 和 $t_A(x)$ 将区间 $[0,1]$ 中的实数与其中每一元素联系起来,即

$$t_A(x):U \rightarrow [0,1], \quad f_A(x):U \rightarrow [0,1], \quad (1)$$

式中, $t_A(x) + f_A(x) \leq 1$ 。根据 Vague 集理论可知, Vague 集 A 中任何一个元素 x 的隶属函数被限制在 $[0,1]$ 上的一个子区间 $[t_A(x), 1 - f_A(x)]$ 内,其中 $f_A(x)$ 是 Vague 集的假隶属函数,它表示反对 $x \in U$ 证据的必然程度; $t_A(x)$ 是 Vague 集的真隶属函数,它描述了 $x \in U$ 证据的必要程度; $1 - f_A(x)$ 则表示支持证据的可能程度。当 x 离散时,一个 Vague 集 A 表示如下:

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{[t_A(x_i), 1 - f_A(x_i)]}{x_i}, \quad x \in X; \quad (2)$$

当 x 连续时,一个 Vague 集 A 可表示如下:

$$V = \int_x \frac{[t_A(x), 1 - f_A(x)]}{x}, \quad x \in X. \quad (3)$$

定义 2^[8]:假设 U 是一个论域,同时有两个 Vague 集 X 和 Y , $\forall u_i \in U, x = [t_X(u_i), 1 - f_X(u_i)], y = [t_Y(u_i), 1 - f_Y(u_i)]$, 式中, $t_X(u_i), t_Y(u_i), f_X(u_i), f_Y(u_i) \in [0,1]$, 且 $t_X(u_i) + f_X(u_i) \leq 1, t_Y(u_i) + f_Y(u_i) \leq 1$, 则 Vague 集 X 和 Y 的交集运算如下式所示:

$$Z = X \wedge Y = [\min(t_X(u_i), t_Y(u_i)), \min(1 - f_X(u_i), 1 - f_Y(u_i))]; \quad (4)$$

并集运算如下式所示:

$$Z = X \vee Y = [\max(t_X(u_i), t_Y(u_i)), \max(1 - f_X(u_i), 1 - f_Y(u_i))]. \quad (5)$$

3 基于 Vague 集的多目标决策方法

3.1 定义

多目标决策可以理解决策者需要在各种约束条件集的限制下,提出最有效的抉择方案,即在众多目标集中筛选出最能满足这些约束条件的目标集和。假设 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ 为决策方案集和, $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 为属性集和,同时假设决策方案 A_i 在属性集 C 下的特征可以表示如下:

$$A_i = \{(C_1, [t_{i1}, 1 - f_{i1}]), (C_2, [t_{i2}, 1 - f_{i2}]), \dots, (C_n, [t_{in}, 1 - f_{in}])\}, \quad (6)$$

式中, f_{ij} 为决策方案不满足 $C_j (j=1, 2, 3, \dots, n)$ 的程度; t_{ij} 表示决策方案 A_i 满足属性 $C_j (j=1, 2, 3, \dots, n)$ 的程度。假设决策者要在决策集 A_i 中选择一个方案同时必须满足属性 $C_j, C_k, \dots, C_p$ 或者满足属性 C_s , 即决策者的要求为: $\wedge$ 和 $\vee$ 。评价函数 E 可以表示决策方案 A_i 符合与不符合该要求的程度,且 E 可用下式表示:

$$E(A_i) = [\min(t_{ij}, t_{ik}, \dots, t_{ip}), \min(1 - f_{ij}, 1 - f_{ik}, \dots, 1 - f_{ip})] \vee [t_{is}, 1 - f_{is}] = [\max(\min(t_{ij}, t_{ik}, \dots, t_{ip}), t_{is}), \max(\min(1 - f_{ij}, 1 - f_{ik}, \dots, 1 - f_{ip}), 1 - f_{is})], \quad (7)$$

很明显可以看出, $E(A_i)$ 其实也是一个 Vague 集,并且也具有三维模型的表示特征,因此可通过以上依据得出其反对度为

$$f(A_i) = 1 - \max[\min(1 - f_{ij}, 1 - f_{ik}, \dots, 1 - f_{ip}), 1 - f_{is}],$$

支持度为

$$t(A_i) = \max[\min(t_{ij}, t_{ik}, \dots, t_{ip}), t_{is}],$$

中立度为

$$m(A_i) = 1 - t(A_i) - f(A_i).$$

从以上分析可知,要判断 $E(A_i)$ 是否符合决策者的要求,就必须提出一种更加高效的记分函数来进行显现。

3.2 记分函数的提出

目前, Hong 和 Choi 等^[9]都已经提出了各自认为有效的度量方法,并且利用各自提出的记分函数来评估每个方案对于决策者需求的适合程度,但它们各有自己的缺陷,其中缺陷共性为它们只考虑了三维模型中的支持度和反对度,却将中立度忽略不计,因此没能客观地将 Vague 集表示的决策问题更好地进行解决。文献[10]中,大部分决策者都是风险反对者,他们依据自己的观点得出了未知风险越

小就越优的记分函数。本文参考以上思想,提出了一种新的记分函数,采用分步的思想来准确完全地区分各种各样的数据。新的记分函数表示如下:

$$H(E(A_i))=t(A_i)+f(A_i) \quad (8)$$

式中, $t(A_i)$ 表示决策方案 A_i 满足属性的支持度; $f(A_i)$ 表示决策方案 A_i 满足属性的反对度。当以上记分函数值相等时,再依据下式对这些记分函数值相等的数据进行进一步的排序:

$$W(E(A_i))=t(A_i)-\pi(A_i)/2-[t(A_i)-f(A_i)]/2*\pi(A_i) \quad (9)$$

式中, $\pi(A_i)$ 表示决策方案 A_i 满足属性的未知度。公式(8)和公式(9)这两个记分函数结合之后的唯一性将被证明,即证明的结论为

$$\forall V_A(x_1),V_A(x_2) \in A。$$

设 $V_A(x_1)=[t_{A1},1-f_{A1}]$, $V_A(x_2)=[t_{A2},1-f_{A2}]$, $V_A(x_1)$ 与 $V_A(x_2)$ 分别为两个不同的 Vague 集,因此 $V_A(x_1) \neq V_A(x_2)$, $t_{A1}, t_{A2}, f_{A1}, f_{A2}$ 均不为 0。若 $H(V_A(x_1))=H(V_A(x_2))$, 则 $W(V_A(x_1)) \neq W(V_A(x_2))$ 。接下来,我们将采用反证法对此结论进行证明。

假设 $W(V_A(x_1))=W(V_A(x_2))$, $H(V_A(x_1))=H(V_A(x_2))$, 即 $t_{A1}+f_{A1}=t_{A2}+f_{A2}$, 则由式(9)可知,

$$W(V_A(x_i))=t_{Ai}-[\pi_{Ai}+(t_{Ai}-f_{Ai})*\pi_{Ai}]/2=(2t_{Ai}+2f_{Ai}+t_{Ai}^2-f_{Ai}^2)/2-1/2;$$

由 $W(V_A(x_1))=W(V_A(x_2))$ 可知,

$$2t_{A1}+2f_{A1}+t_{A1}^2-f_{A1}^2=2t_{A2}+2f_{A2}+t_{A2}^2-f_{A2}^2,$$

并可进一步得出

$$2(t_{A1}+f_{A1})+(t_{A1}+f_{A1})(t_{A1}-f_{A1})=2(t_{A2}+f_{A2})+(t_{A2}+f_{A2})(t_{A2}-f_{A2}),$$

则可由 $t_{A1}+f_{A1}=t_{A2}+f_{A2}$ 得出 $t_{A1}-f_{A1}=t_{A2}-f_{A2}$ 加 $t_{A1}+f_{A1}=t_{A2}+f_{A2}$ 的条件,可知 $t_{A1}=t_{A2}, f_{A1}=f_{A2}$, 即 $V_A(x_1)=V_A(x_2)$, 此结论与题干不符合,故可证明题干是正确的,即两个记分函数结合之后的唯一性得到了证明。

4 Vague 集异构网垂直切换的分析及仿真

基于图 1 所示的 3G-WLAN 系统模型,从信号强度、带宽和价格这 3 个参数出发,并将 Vague 集引入其中,模拟计算 WLAN 到 3G 网络的近似推理结果和垂直切换次数。

4.1 参数 Vague 化

定理 1^[10]:假设 $X=\{x_1,x_2,\cdots,x_n\}$ 为一个指标

集,方案 $A_i(i=1,2,3,\cdots,m)$ 中各个指标 $x_j(j=1,2,3,\cdots,n)$ 的数值都是非负的单值数据 x_{ij} 。记 $x_{j\min}=\min\{x_{1j},x_{2j},\cdots,x_{mj}\},x_{j\max}=\max\{x_{1j},x_{2j},\cdots,x_{mj}\}$, 则

$$A_i(x_j)=[t_{ij},1-f_{ij}]=\left[\frac{x_{ij}^p-x_{j\min}^p}{x_{j\max}^p-x_{j\min}^p},1-\frac{x_{j\max}^p-x_{ij}^p}{x_{j\max}^p-x_{j\min}^p}\right] \quad (p=2,3,\cdots), \quad (10)$$

公式(10)是将 x_{ij} 转化为 Vague 数据的正向转换公式。

定理 2^[10]:

$$A_i(x_j)=[t_{ij},1-f_{ij}]=\left[\frac{x_{j\max}-x_{ij}}{x_{j\max}-x_{j\min}},1-\frac{x_{ij}^p-x_{j\min}^p}{x_{j\max}^p-x_{j\min}^p}\right] \quad (p=2,3,\cdots), \quad (11)$$

公式(11)是将 x_{ij} 转化为 Vague 数据的反向转换公式。依据定理 1 和定理 2,分别对信号强度、带宽和价格这 3 个参数进行 Vague 化,将 p 值取为 2,其中信号强度和带宽采用定理 1 进行初始化,而价格采用定理 2 进行初始化。

4.2 仿真及分析

在图 1 所示的 3G-WLAN 系统模型中设置了两个 WLAN 热点和两个 UMTS 基站。设定以下两种仿真环境:(1) 有一 MN 沿坐标轴从左向右行走,路程为 4 000 m,途中经过 $UMTS_1 \rightarrow WLAN_1 \rightarrow UMTS_2 \rightarrow WLAN_2$, MN 速度为 10 m/s,总共用时 400 s。(2) 随机设置 10 个 MN,并使其均匀分布在 UMTS 和 WLAN 所覆盖的区域内,且 MN 能自由移动。结合 Vague 集多目标决策方法进行仿真,仿真结果显示 50 s 内 10 个 MN 发生切换的总次数为 4 次。为了使结果更加有效,我们进行了 20 次仿真,并将仿真结果与其他两种切换算法进行了比较,仿真结果分别如图 2 和图 3 所示。

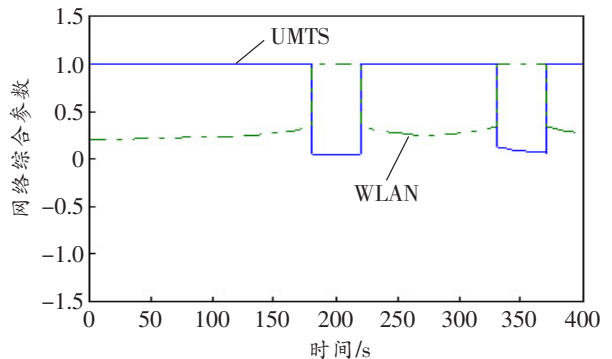


图 2 移动台的切换情况

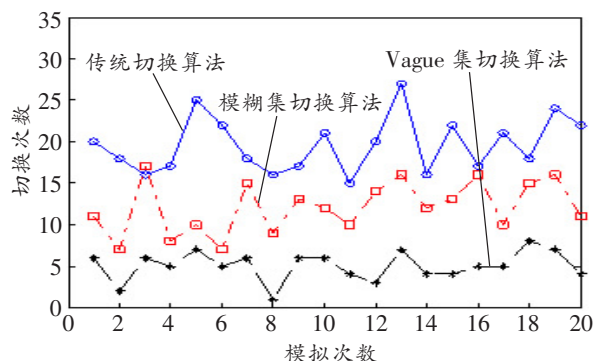


图 3 各切换算法的切换次数比较

由图 2 可知,共发生了 4 次切换,发生的时间分别在 180、225、335 和 375 s 处,即在 1 800、2 250、3 350 和 3 750 m 附近发生切换。以上仿真结果符合我们对实际情况的分析及需要,从而证明了文中所提新算法是可行的。

从图 3 可以看出,采用传统的算法进行度量仿真时,模拟出的 10 个 MN 发生切换的平均次数为 19.6 次;采用模糊集算法进行度量仿真时,这 10 个 MN 发生切换的平均次数为 12.10 次;而采用本文所提出的 Vague 集垂直切换算法进行仿真时,这 10 个 MN 发生切换的平均次数降低为 5.05 次。从次数比较及仿真折线图的比较可以明显地看出,本文所提算法能有效地减少不必要的切换,从而有效抑制切换中发生的乒乓效应。

5 结束语

异构网络之间的切换已经成为当今的热点话题,相对之前所提出的一些切换判决算法,本文提出了一种更有效的切换算法——基于 Vague 集的垂直切换算法,在此算法中,我们将网络的信号强度、带宽和价格作为进行决策的 3 要素,首先将这 3 要素进行 Vague 化,然后利用新的记分函数对 Vague

化的数据进行计算,并通过仿真与基于信号强度的传统切换算法和基于模糊集的切换算法进行了比较。仿真结果表明,本文所提出的分布切换判决算法能更有效地减少不必要的切换次数。

参考文献:

- [1] Çalhan A, Çeken C. An Optimum Vertical Handoff Decision Algorithm based on Adaptive Fuzzy Logic and Genetic Algorithm [J]. Wireless Personal Communications, 2012, 64(4): 647—664.
- [2] 李荣钧. 模糊多准则决策理论与应用 [M]. 北京:科学出版社, 2002.
- [3] Bellman R E, Zadeh L A. Decision-making in a Fuzzy Environment [J]. Management Science, 1970, 17(4): B-141—B-164.
- [4] Gau W L, Buehrer D J. Vague Sets [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1993, 23(2): 610—614.
- [5] Chen S M, Tan J M. Handling Multicriteria Fuzzy Decision-making Problems based on Vague Set Theory [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1994, 67(2): 163—172.
- [6] 唐宏,何鑫,赵全军,等. IEEE 802.16e 宽带无线接入网中的切换及其过程 [J]. 通信技术, 2008, (12): 226—227.
- [7] 何晴,陈光. 一种基于模糊控制的 3G-WLAN 垂直切换算法 [J]. 科技通报, 2010, 26(2): 261—264.
- [8] 李凡,徐章艳,饶勇. Vague 集 [J]. 计算机科学, 2000, 27(9): 12—14.
- [9] Hong D H, Choi C H. Multicriteria Fuzzy Decision-making Problems based on Vague Set Theory [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000, 114(1): 103—113.
- [10] WANG W, WU Q. Analysis on the Score Function in Vague Set Theory [J]. Transactions of Beijing Institute of Technology, 2008, (4): 024.