

基于模糊逻辑技术的切换策略

王 丽, 郭爱煌, 刘富强, 徐尚志
(同济大学电子与信息工程学院, 上海 200092)

摘 要: 下一代宽带无线通信网在为用户提供高速率语音服务以及图像、视频信息的传输和高速接入 Internet 服务等丰富的业务类型的同时, 也给系统的切换策略带来新的挑战。以往仅考虑单一因素对系统影响的切换策略已不适用于具有丰富业务类型的下一代宽带无线通信网络。该文利用模糊逻辑技术进行切换过程中的目标小区选取。相比传统方案, 模糊逻辑技术可以兼顾多种因素, 使得选取结果更加合理, 并且可以均衡系统负载、减少切换的拒绝率。

关键词: 模糊逻辑; 切换; 资源管理

Handover Scheme Based on Fuzzy Logic Technique

WANG Li, GUO Ai-huang, LIU Fu-qiang, XU Shang-zhi

(School of Electronics & Information Engineering, Tongji University, Shanghai 200092)

【Abstract】 While next generation wideband wireless communications network can provide the users high speed service, image or video information transmission and high speed access Internet services, it brings the new challenge for system's handover scheme. The former handover scheme which only considers the sole factor of the system is not suitable for the next generation wideband wireless communication network. This article uses the fuzzy logic technology to carry on the select of goal cell in handover scheme. Compared with the traditional methods, the fuzzy logic technology may give attention to many kinds of factors to provide more reasonable selection result and also can balance the load of the system, reduce the reject rate of handover.

【Key words】 fuzzy logic; handover; resource management

1 概述

随着通信技术的发展, 下一代移动通信网络可以提供高速率的语音服务以及图像、视频信息传输和高速接入Internet服务等多媒体业务。丰富的业务类型给用户带来便捷的同时对系统的QoS提出了更高的要求。现有的移动通信系统在满足移动多媒体通信需求中存在很多问题: 无线资源稀缺, 无线信道不稳定, 移动用户在一次通信会话过程中通常需要进行多次切换等。切换的目的是保证移动用户通信的连续性, 是移动通信系统重要的功能。当用户位置发生改变时, 需要将用户终端的连接切换到其他小区, 使得服务不会中断。网络发展的趋势是小区范围越来越小, 切换变得更加频繁, 当用户切换到没有足够资源的小区时就引起服务质量降低甚至服务中止^[1]。因此, 在切换过程中如何进行目标小区选取以保证业务的QoS就变成了一个重要的问题。

目前, 虽然存在多种切换策略, 但由于各种原因, 依然存在如下问题:

(1) 业务的复杂性。第二代移动通信主要提供语音业务, 单一的业务使得对应的切换策略相对简单。而下一代移动通信网络可以提供高速率服务以及图像、视频信息的传输和高速接入Internet服务。正是各种业务之间的传输速率和QoS要求不同, 使得与其相对应的切换变得十分复杂^[2]。

(2) 接收信号的复杂性。在实际的蜂窝系统中, 当用户移动到小区边缘时, 该用户可以接收到多个小区的信号, 因此符合切换要求的小区往往不止一个, 这就要求系统可以从众多的候选小区中选取一个最合适的作为目标小区。最简单的方法就是选取接收信号强度(RSS)最大的小区作为目标小区。

但是这一方法往往会导致小区的负载过大或者过高的切换拒绝率和失败率。

因此, 设计一种更加合理的切换策略成为十分重要的课题。本文中提出的切换策略不仅考虑接收信号强度(或距离), 而且考虑候选小区的正在服务的用户数以及候选小区的已占用带宽, 采用模糊逻辑技术处理以上参数。为此, 引入了基于模糊逻辑的切换策略(Fuzzy Logic Based Handover, FLH)。本文中的模糊逻辑技术采用距离、用户数和占用带宽这 3 个变量作为输入量, 经过模糊化处理后得出一个模糊切换判决值(Fuzzy Handover Decision Value, FHD), 具有最高 FHD 的小区就作为目标小区进行切换。

2 传统切换中目标小区选取方案

2.1 目标小区选取在切换中的作用

当用户终端在网络中移动时, 切换过程维持着整个通话或者数据通信的进行, 与发起通信时受到阻塞相比, 频繁地中断正在进行的通信更让人难以接受。因此, 切换成功率在服务质量测量中被认为是一个敏感的指标, 这关系到对用户提供的服务质量。在 2 项服务质量指标: 呼叫的接通率和呼叫掉话率中, 掉话率明显地比接通率更受到用户的关注。为

基金项目: 国家“863”计划基金资助项目“基于移动中继技术的车辆通信网络的研究”(2007AA01Z239); 上海市基金资助重大项目“宽带无线组网性能测试方法及其关键技术研究”(07dz15006_2)

作者简介: 王 丽(1982-), 女, 硕士, 主研方向: 宽带无线通信; 郭爱煌, 教授、博士; 刘富强, 教授、博士后; 徐尚志, 讲师、博士

收稿日期: 2008-06-30 **E-mail:** ziyang1218@gmail.com

保证通信的连续性,必须采用有效的切换策略,选取资源相对充足的小区作为目标小区进行切换。由此可见,切换过程需要快速和准确地选取目标小区来保证最佳服务质量^[3]。

2.2 传统目标小区选取方案

传统的切换策略中考虑的因素有接收信号强度(这里可以用用户与候选小区边缘的距离来代替)、候选小区的正在服务的用户数以及候选小区的已占用带宽。由此,有以下3种切换策略^[4]:

(1)基于距离的切换(Distance Based Handover, DBH)

DBH 仅仅考虑接收信号强度,以此作为选取目标小区的准则,选取距离用户最近的小区来进行切换。此方法简单可行,但是没有充分考虑到新接入的用户给小区带来的负载增加和 QoS 的下降,因此,只适用于小区服务质量良好的情况下使用。

(2)基于小区正在通信的用户数的切换(User Population Based Handover, UPH)

UPH 允许用户切换至目前用户数最少的小区中,此法考虑了新接入的用户给小区带来的负载增加和 QoS 的下降,选取负载较小的小区作为目标小区。该方法的缺点是,单纯考虑用户数而不考虑各个用户的业务状态,在下一代移动通信中,用户已不单纯使用语音业务,有越来越多的多媒体业务投入运行,而多媒体业务和语音业务所占用的带宽又有很大的却别,因此,用户数最少并不一定表示该小区负载最小。

(3)基于带宽的切换(Bandwidth Based Handover, BWH)

BWH 选取已占用带宽最小的小区作为目标小区,考虑到新接入的用户给小区带来的负载增加和 QoS 的下降,但是没有兼顾用户的接收信号强度。如果该小区距离用户比较远,接收信号强度较弱,极可能发生掉话现象从而使得切换失败。

由此可见,以上3种切换策略各有缺点,传统切换策略无法兼顾多种情况。

3 基于模糊逻辑技术的改进方案

3.1 模糊逻辑技术简介

“模糊逻辑”是1965年美国工程师札德在其改进计算机程序的“模糊集合理论”中提出的一个概念。传统计算机通常只能按照“是与否”、“对与错”这样的二元逻辑进行识别,而对冷、热、大、小这样的模糊概念无能为力^[5]。例如:气温达到30就会觉得热,如果计算机简单地定义 >30 为热,那么29.5就会被认为不热。实际上,人体对温度的感知是一个模糊的概念,29.5依然会觉得热。在这种情况下采用模糊逻辑技术,计算机就可以跨越两极的边界,在“灰色”中间地带发挥作用。

3.2 模糊逻辑技术在目标小区选取中的应用

首先定义3个模糊子集:(1)用户与候选小区边缘的距离 Distance,取值范围是0~30 m;(2)候选小区中正在服务的用户数 UserPopulation,取值范围是0~30;(3)候选小区中已占用的带宽 UsedBandwidth,取归一化带宽0~1。以上3个模糊子集作为系统的输入量。分别定义这3个模糊子集的隶属度函数,如图1、图2和图3所示。这里采用了梯形和三角形模糊分布的隶属度函数,当然模糊分布函数也可以采用其他诸如柯西形、正态形或岭形等多种函数。模糊分布函数的选取有赖于模糊子集的具体特性和专家经验。

以 Distance 的隶属度函数选取为例来说明本文中隶属度函数选取的方法。Distance 的取值范围是0~30 m。按照经验在0~30 m 的范围内,30 m 一定属于 Far。在本文设定的场景

中,依据经验29 m和29.5 m与30 m的区别并不是很大,所以这里的隶属度函数选用的是梯形,29 m~30 m 隶属于 Far 的隶属度都是1。随着距离的减少,隶属于 Far 的隶属度也线性减少。同样可得出隶属于 Near 和 Medium 的隶属度函数。

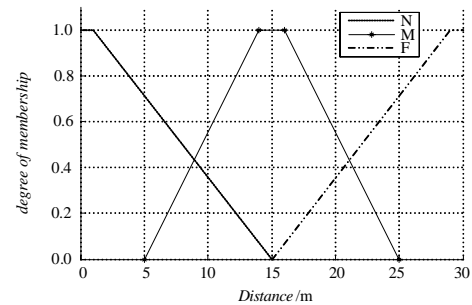


图1 Distance 的隶属度函数

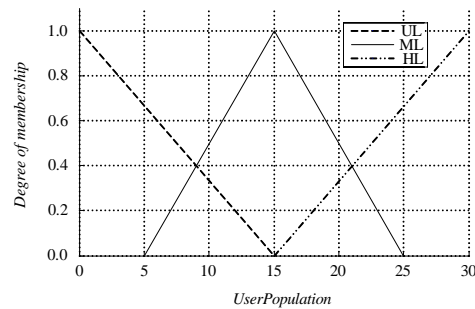


图2 UserPopulation 的隶属度函数

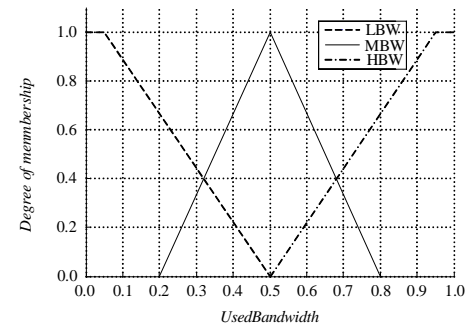


图3 UsedBandwidth 的隶属度函数

其次,定义一个名为 Handover 模糊子集作为该系统的输出量,也就是 FHD。选取三角形分布作为 Handover 的隶属度函数,如图4所示。

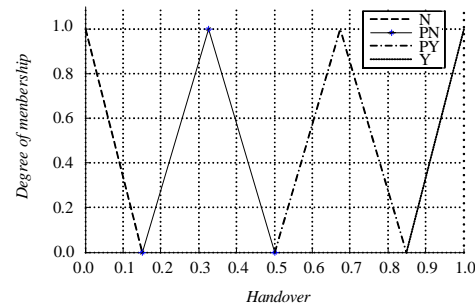


图4 Handover 的隶属度函数

以上2个步骤建立了一个模糊系统的输入和输出,这是一个3输入1单输出系统,其输入输出量的定义如表1所示。当一个小区的3个输入量确定后,便可以从上述图1、图2和图3中找出其对应的隶属度。例如: $BS_1(\text{Distance, UserPopulation, UsedBandwidth})=(6, 18, 0.6)$, 则 BS_1 的3个输入值经模糊化后得到以下结果:

Distance=6 (N, 0.5), (M, 0.111)
 UserPopulation=18 (ML, 0.7), (HL, 0.2)
 UsedBandwidth=0.6 (MBW, 0.666), (HBW, 0.222)

表1 输入、输出值

Distance	UserPopulation	UsedBandwidth	Handover
Near	Under Load	Low Bandwidth	Yes
Medium	Medium Load	Medium Bandwidth	Probably Yes
Far	Heavily Load	High Bandwidth	Probably No
			No

对应图 1 可知, BS₁的Distance隶属于Near的隶属度为 0.5, Medium的隶属度为 0.111。同理可以分别知道BS₁的UserPopulation和UsedBandwidth隶属度情况。

第三, 系统定义好输入和输出之后, 再定义一系列模糊量化推理规则, 就构成了一个完整的模糊系统, 如图 5 所示。

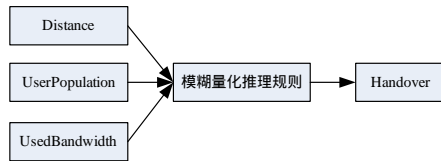


图5 模糊系统框架

本文选取区间值模糊推理法, 采用 3 输入 1 单输出系统。推理模型如下^[5]:

- 前提 1: if A₁ and (or) B₁ and (or) C₁ then D₁ else
- 前提 2: if A₂ and (or) B₂ and (or) C₂ then D₂ else
- ...
- 前提 n: if A_n and (or) B_n and (or) C_n then D_n else
- 结论: D'

采用以上推理模型, 本文中的切换策略就可以得出如下推理规则, 如表 2~表 4 所示。

表2 UsedBandwidth=LBW

User Population	Distance		
	N	M	F
UL	Y	Y	PY
ML	Y	Y	PY
HL	PY	PY	PN

表3 UsedBandwidth=MBW

User Population	Distance		
	N	M	F
UL	Y	Y	PY
ML	Y	PY	PN
HL	PN	PN	N

表4 UsedBandwidth=HBW

User Population	Distance		
	N	M	F
UL	PY	PN	PN
ML	PN	PN	N
HL	N	N	N

从以上 3 个表格可以得出 27 条推理规则, 例如表 2 中第 1 条规则:

If UsedBandwidth=LBW and UserPopulation=UL and Distance=N then Handover=Y(1)

上述的规则可以用日常用语表达: 如果小区的占用带宽很少, 只有少量用户并且距离很近, 那么切换判决就为 Yes。括号中的 1 表示该条规则的权重, 在本文设定的场景中, 依据经验上述 27 条推理规则有着相同的重要性, 因此权重均为 1。推理规则的权重与模糊分布函数的选取一样, 有赖于模糊系统的具体特性和专家经验。

这种基于经验的判决结果就是模糊逻辑技术区别于以往判决方法之处。它可以用来描述模糊概念而不是机器语言的

非一即二的精确定义, 限于文章篇幅, 这里不再一一列举 27 条规则。

通过以上步骤建立完整的模糊系统之后, 就可用来进行目标小区的判决。以上文提及的BS₁(Distance, UserPopulation, UsedBandwidth)=(6, 18, 0.6)为例, 用系统中 27 条规则依次进行处理, 流程如图 6 所示。



图6 模糊推理流程

经过推理可以得到 27 个 Handover 值, 再根据 Handover 的隶属度函数, 可以得到 Y₁, Y₂, ..., PY₁, PY₂, ..., PN₁, PN₂, ..., N₁, N₂, ... 的隶属度, $Y = \min(Y_1, Y_2, \dots)$, 同理可以得到 PY, PN 和 N 的值。这里采用最小值法, 也可以采用最大值法、均值法或其他方法^[5]。

$$Handover = \frac{\sum M_i \times W_i}{\sum M_i}$$

其中, M_i 表示 Y, PY, PN 和 N; W_i 表示相对应的权重。最后得到 Handover=0.564。用户进行的切换过程中, 选取 Handover 最大的候选小区作为目标小区进行切换。该方法可以兼顾 Distance, UserPopulation 和 UsedBandwidth 3 种因素, 避免了单一判决标准的局限性。

4 仿真试验与结果分析

以候选小区集中仅有 2 个元素为例, BS₁(Distance, UserPopulation, UsedBandwidth)=(15, 6, 0.7), BS₂(Distance, UserPopulation, UsedBandwidth)=(15, 13, 0.2)。用户若以小区用户数为判决标准, 则用户选择用户数较少的BS₁作为目标小区。但是在多业务的无线网络中, 不同业务类型所占用的带宽差别很多, 在参考文献[6]中规定, WiMAX网络中VoIP业务占用带宽 32 Kb/s~64 Kb/s, Web Browsing 和 Instant Messaging 占用带宽为 10 Kb/s~2 Mb/s, Media Content Downloads占用带宽>2 Mb/s。因此, 单从用户数来判断小区的负载情况是不合理的, 如果BS₁的 6 个用户均为 Media Content Downloads用户, 而BS₂的全部 13 个用户均是VoIP用户, 那么显而易见, BS₂的负载远小于BS₁, 在 2 个小区距离用户相同的情况下, 应当选取BS₂作为目标小区。利用模糊逻辑方法, 得出BS₁的Handover=0.519, BS₂的Handover=0.949, 系统输出的选择结果应当是BS₂, 符合常理。

利用计算机仿真可以得到本文中的模糊系统的判决图, 由于本系统是 3 输入 1 输出的四维系统, 限于仿真软件的表现方式, 这里仅能表示 2 种输入量与系统输出量的关系, 以三维图像的形式表示。图 7、图 8 和图 9 分别是 Distance 和 UsedBandwidth-Handover, Distance 和 UserPopulation-Handover 及 UsedBandwidth 和 UserPopulation-Handover 的模糊系统输入-输出图。

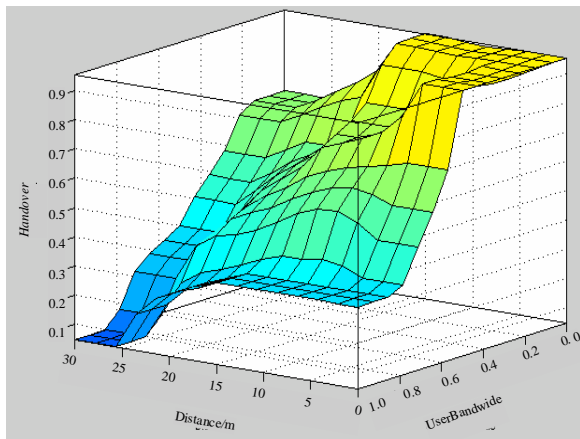


图7 Distance 和 UsedBandwidth-Handover

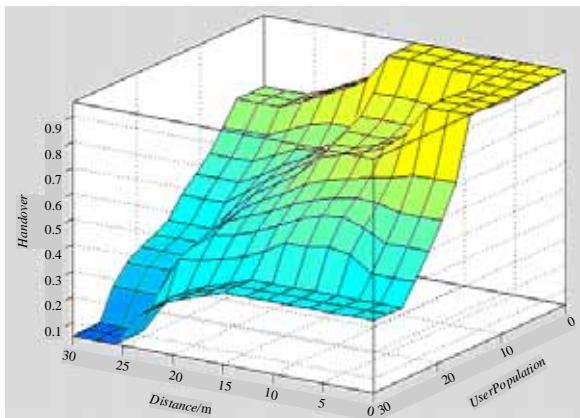


图8 Distance 和 UserPopulation-Handover

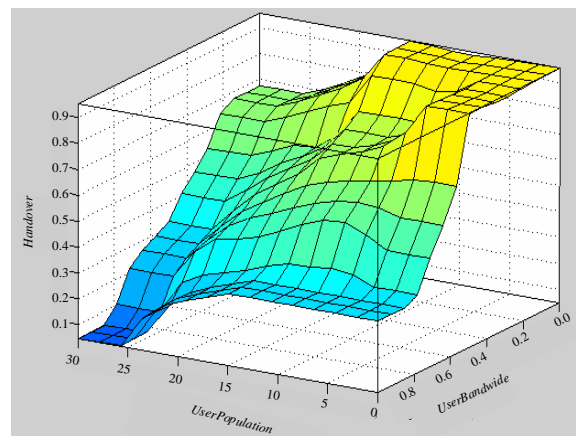


图9 UsedBandwidth 和 UserPopulation-Handover

结合图7~图9,可以直观地看出 Distance, UserPopulation 和 UsedBandwidth 3 个因素对于目标小区选取的影响。正如利用模糊概念描述的一样:用户需要选择一个距离近、已占用带宽小、用户数少的小区作为目标小区来进行切换。模糊推理系统就可以很好地解决以往判决策略中只能对一个因素进行精确判决的局限,对3个因素,甚至多个因素统筹兼顾,进行模糊判决,从而选取最优的目标小区,使得系统负载均衡,减少切换拒绝次数。

5 结束语

在下一代宽带无线通信网络中,相比于仅能考虑1个~2个因素的传统策略,在目标小区选取过程中采用模糊逻辑技术,可以兼顾多方因素,更加合理地选择最优的目标小区,有效地均衡系统负载,减少切换拒绝次数,从而提高系统的QoS,当输入量增加到4个~5个时,模糊策略可以发挥出更明显的优越性。

在使用模糊逻辑技术时,需要注意的是推理过程中输入量、输出量的隶属度函数和推理规则的设定要依据“专家经验”根据不同地理环境和气候等各种因素来设定不同的输入量、输出量的隶属度函数和推理规则。如果可以结合有学习功能的神经网络技术,使得系统具有学习功能,就可以迅速方便地适应各种无线通信场景的应用。

参考文献

- [1] 唐丽娟, 何丰. 移动切换资源预留技术研究[J]. 信息安全与通信保密, 2006, 28(7): 148-150.
- [2] Ikram S, Faouzi Z, Lotfi K. Vertical Handoff Management for Next Generation Heterogeneous Networks[C]//Proc. of the 5th International Conference on Information and Communications Technology. Dhaka, Bangladesh: [s. n.], 2007: 19-25.
- [3] Solange S, Guedes L G R, Roberto G P. Techniques for Providing QoS in Mobile Cellular Networks Based on CAC and Resource Reservation at the Origin and Destination[J]. IEEE Transactions on Latin America, 2006, 4(5): 339-344.
- [4] Dang M S, Prakash A, Anvekar D K. Fuzzy Logic Based Handoff in Wireless Networks[C]//Proc. of Conference on Vehicular Technology. [S. l.]: IEEE Press, 2000: 2375-2379.
- [5] 曹谢东. 模糊信息处理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [6] WiMAX Forum. WiMAX System Evaluation Methodology Version 1.0[EB/OL]. (2007-01-30). <http://www.wimaxforum.org/technology/downloads/>.

(上接第189页)

参考文献

- [1] Canny J A. Computational Approach to Edge Detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, 4(8): 679-698.
- [2] Zuniga O A, Haralick R M. Integrated Directional Derivative Gradient Operator[J]. IEEE Trans. on Syst. Man Cybern, 1987, 17(3): 508-517.

- [3] Haralick R M. Digital Step Edges from Zero Crossing of Second Directional Derivatives[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1984, 6(1): 58-68.
- [4] Ji Qiang, Haralick R M. Efficient Facet Edge Detection and Quantitative Performance Evaluation[J]. Pattern Recognition, 2002, 35(3): 689-700.
- [5] 王润生. 图像理解[M]. 湖南: 国防科技大学出版社, 1995.