

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

刘胜美* 孟庆民 潘甦 糜正琨

(南京邮电大学江苏省无线通信重点实验室 南京 210003)

摘要: B3G 或者 4G 无线网络体系致力于集成各种异构无线接入网络, 其中一个主要的设计课题是支持垂直切换的研究。该文将多属性 QoS 考虑在内, 针对各业务特点, 提出一种基于 SINR(信干噪比)和层次分析法(AHP)的 SAW(简单加权法)垂直切换算法(SASAW)。它综合考虑 SINR 的影响以及要获得同等数据速率情况下, 目标网络需要的等效 SINR 数值、用户通信代价、网络可用带宽等来构造属性矩阵做切换判决。为了评估性能, 考虑 3GPP 定义的 4 类业务, 利用层次分析法中的特征向量法来决定各个 QoS 属性之间的权重关系, 构造比较判决矩阵并检验其一致性; 根据判决矩阵, 利用特征根法获得权重向量; 最后根据属性矩阵和权重向量, 利用 SAW 垂直切换算法进行判决。通过对算法的通过率、丢话率、垂直切换次数、平均用户代价等的性能比较, 结果表明该文提出的算法能够根据各业务特点综合考虑各属性间关系, 获得优良的系统性能。

关键词: 异构无线网络; 垂直切换; 简单加权法; 层次分析法; 信干噪比

中图分类号: TN92

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2011)01-0235-05

DOI: 10.3724/SP.J.1146.2010.00154

A Simple Additive Weighting Vertical Handoff Algorithm Based on SINR and AHP for Heterogeneous Wireless Networks

Liu Sheng-mei Meng Qing-min Pan Su Mi Zheng-kun

(Jiangsu key Laboratory of Wireless Communications, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: The architecture for the Beyond 3rd Generation or 4th Generation wireless networks aims at integrating various heterogeneous wireless access networks over an IP backbone. To provide seamless mobility, one of the design issues is the vertical handoff support. In this paper, a SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio) and AHP (Analytic Hierarchy Process) based SAW (Simple Additive Weighting) (SASAW) vertical handoff algorithm is proposed, which uses the combined effects of SINR with SINR value from one network being converted to equivalent SINR value to the target network for getting the same data rate, user required bandwidth, user traffic cost and available bandwidth of the participating access networks to construct the attribute matrix and make handoff decisions for multi-attribute QoS consideration according to the features of the traffic. For performance evaluation, four traffic classed defined by 3GPP are considered. The weight relations of decision elements are determined by eigenvalue method of AHP to construct the comparison decision matrix, and then check its Consistency. The weight vector is then produced using the eigenvalue method according to the decision matrix. Finally, SAW algorithm is used to make decision according to the attribute matrix and weight vector. The performance of throughput, dropping probability, user traffic cost and the number of vertical handoff between different vertical handoff decision algorithms are compared. The results show that the proposed scheme can achieve excellent performance according to the characteristics of the traffic by considering the relations of multiple attributions synthetically.

Key words: Heterogeneous wireless networks; Vertical handoff; SAW (Simple Additive Weighting); AHP (Analytic Hierarchy Process); SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio)

1 引言

B3G 或者 4G 无线网络体系致力于在一个 IP 骨干网上集成各种异构无线接入网络。为了提供无缝

移动性, 要研究的一个设计课题是支持垂直切换。当连接由一个网络转移到另外一个网络时, 会发生垂直切换。异构网络的切换判决问题是一个多属性判决问题^[1,2], 因为在下一代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而是建立在多个属性综合考虑的基础之上。

2010-02-11 收到, 2010-06-14 改回

国家自然科学基金(60772061, 60872018, 60902015)资助课题

*通信作者: 刘胜美 smliu@njupt.edu.cn

已有不少文献提出了各种垂直切换判决算法。在文献[3]中,以模糊多属性判决决策问题来描述垂直切换判决,并且提出两种方法:SAW(简单加权法),TOPSIS(接近理想方案的序数偏好方法)。文献[4]中,提出了一种基于SINR的垂直切换(CSVH)算法,此算法考虑不同接入网络的SINR的影响,并将之与基于RSS(Received Signal Strength,接收信号强度)的垂直切换算法进行比较,该文没有考虑其它的QoS参数。文献[5]在文献[4]的基础上,提出了多维自适应的基于SINR的垂直切换(MASVH)算法,考虑了来自不同无线接入网络的SINR的影响、用户通信代价,网络利用率这几个QoS参数,在垂直切换判据中,利用参数 k 来调整网络利用率这一属性在多个属性中所占比重,但是 k 如何取值并且对不同业务如何获得最优的 k 值,文中没有讨论;另外,文献[4,5]中研究对象是单一的话音业务,使用典型的用户数据速率384 kbps,关于判据中多个属性之间的关系,以及针对不同业务,各个属性的权重关系,该文也未加讨论。

本文提出一种基于SINR和层次分析法(AHP)^[6,7]的SAW垂直切换(SASAW)算法,此算法考虑不同接入网络的SINR的影响,以及一个网络的SINR值转换到目标网络的SINR数值。除了SINR这一属性,本文还综合考虑了其它的QoS参数,如不同无线接入网络的可用带宽、用户通信代价,根据这些属性对备选网络建立属性矩阵。针对3GPP的定义的4类业务(会话业务、流媒体业务、交互式业务、背景/后台业务)^[8],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,构建含目标层、准则层和方案层的层次结构模型;接着分析同一层次各元素对上一级某元素的影响程度,并将其量化,构造比较判决矩阵 G_c 。按照一致性检验方法进行检验,当一致性比例C.R. < 0.1时,认为判决矩阵的一致性可以接受,否则需要进行修正。根据判决矩阵,利用特征根法获得权重向量。最后根据属性矩阵和权重向量,利用SAW垂直切换算法进行判决,判断是维持现有链接还是重路由到新的网络。

本文剩余部分作如下安排:第2节描述基于SINR和层次分析法的SASAW垂直切换策略,第3节描述系统模型,第4节为系统层仿真及结果,第5节为结束语。

2 垂直切换判决算法

假定有 m 个BSs(基站): BS_1, BS_2, \dots, BS_m , n 个Aps(接入点): AP_1, AP_2, \dots, AP_n ^[9],用户所有候选BSs和Aps可以放入集合 A 中,以1到 $m+n$ 进行

索引: $A = [BS_1, BS_2, \dots, BS_m; AP_1, AP_2, \dots, AP_n]$ 。

对于每个切换事件,切换算法对每个用户基于如下准则从候选集合 A 中选出最好的BS或者AP,准则如下:SINR,用户所需带宽,用户通信代价,网络可用带宽。

(1)信号与干扰噪声比率 给定载波带宽和SINR,可获得的最大数据速率可以由shannon容量公式给定。

令 R_{AP} 和 R_{BS} 表示当用户链接到WLAN和WCDMA时,可获得的最大下行数据速率。根据shannon公式,有

$$R_{AP} = W_{AP} \log_2(1 + \gamma_{AP} / \Gamma_{AP}) \quad (1)$$

$$R_{BS} = W_{BS} \log_2(1 + \gamma_{BS} / \Gamma_{BS}) \quad (2)$$

其中 γ_{AP} 和 γ_{BS} 是分别从WLAN和WCDMA接收的SINR。当由WLAN和WCDMA提供给用户同样的下行数据速率时,即当 $R_{AP} = R_{BS}$,解此等式,可以得到 γ_{AP} 和 γ_{BS} 之间的关系。

假定某个时刻一个BS通过HSDPA信道只和一个用户发送数据,以最大功率获得最优物理速率。用户 i 从WCDMA BS_j 接收的SINR值 $\gamma_{BSj,i}$ 表示成^[10]:

$$\gamma_{BSj,i} = \frac{G_{BSj,i} P_{BSj,i}}{P_O + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^m (G_{BSk,i} P_{BSk}) + G_{BSj,i} \alpha (P_{BSj} - P_{BSj,i})} \quad (3)$$

其中 P_{BSj} 是 BS_j 的总发送功率, $P_{BSj,i}$ 是 BS_j 对用户 i 的发送功率, $G_{BSj,i}$ 是用户 i 和基站 BS_j 之间的信道增益, α 是正交因子等于0.4, P_O 是热噪声功率等于-99 dBm。

对于WLAN,用户 i 从WLAN AP_j 接收的SINR值 $\gamma_{APj,i}$ 可以表示成:

$$\gamma_{APj,i} = \frac{G_{APj,i} P_{APj}}{P_B + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^n (G_{APk,i} P_{APk})} \quad (4)$$

其中 P_{APj} 是 AP_j 的发送功率, $G_{APj,i}$ 是用户 i 和 AP_j 之间的信道增益, P_B 是背景噪声功率等于-86 dBm。

本文使用[10]中的城市和郊区的宏小区传播模型,天线高度为15米,路径损失(dB)为

$$\text{Pathloss} = 58.8 + 21 \log_{10}(f) + 37.6 \log_{10}(R) + \log(F) \quad (5)$$

其中 f 是载波频率(单位:MHz), R 是用户和BS或者AP间的距离(km), $\log(F)$ 是对数正态分布、标准方差为 $\sigma = 10$ dB。

用户 i 在一个特定时刻从所有的BSs和所有的

Aps 接收的 SINR 数值集合是: $S_{BS,i}$, $S_{AP,i}$ 。为了获得经由 BS 的同等数据速率, 从 AP_i 接收的 SINR 值 $S_{AP,i}$ 将转化成等效的 SINR 值 $S'_{AP,i}$ 。对用户 i , 候选集合 A 中所有 BSs 和 Aps 的 SINR 数值 S_i 的集合为 $S_i = S_{BS,i} \cup S'_{AP,i}$ 。

(2) 用户所需带宽 对于用户 i 所需的带宽 R_i , 可以计算来自 BS 的最小接收 SINR 值 ($\gamma_{\min,i}$)。

(3) 其它属性, 如用户通信代价、网络可用带宽等 令 C 为系统代价向量, 表示通过每个候选 BS 和 AP 与用户通信发送的每个 bit 的归一化代价。为了直接将代价数值与 SINR 数值联系起来, 将每比特的代价 C 转化成每 SINR 的代价 C_{SINR} 。令 U 为带宽向量, 表示每个候选 BS 和 AP 的可用带宽。

所以属性矩阵为

$$R_a = \begin{bmatrix} S - \gamma_{\min} \\ 1/C_{SINR} \\ U \end{bmatrix} \quad (6)$$

(4) 切换判决 SAW 是最广泛使用的多属性决策方法。SAW 中, 被选网络的总分由其所有属性值的权重和决定, 如式(2)所示:

$$A_{SAW}^* = \arg \max_{i \in M} \sum_{j=1}^N w_j r_{ij} \quad (7)$$

其中 r_{ij} 表示属性 j 的属性值, 为属性矩阵 R_a 中的元素; w_j 表示分配赋予属性的重要性权重(如何取值将在下一节讨论); N 表示属性参数的集合, M ($M \leq m + n$) 表示被选网络的集合。每个被选网络的各属性及其权重的乘积叠加得到该网络的得分 A_{SAW}^* 。具有最高分值的备选网络为切换的目标网络。

(5) 权重向量 本文利用层次分析法中的特征根法来确定权重, 它要求给出数据之间的比较, 比较结果用基本的 1-9 级层次分析法给出。

首先根据判决准则, 备选网络, 针对各业务的总目标构建层次结构模型。假定以顶层元素 x_0 为准则, 所支配的下一层次(L1)的元素即为 x_1, x_2, \dots, x_l 。针对准则 x_0 , 按照 1~9 标度法^[6]进行相对重要程度赋值(记为 g_{ij}), 这样, 对于准则 x_0 , 下层 l 个被比较元素构成一个两两比较矩阵 $G_c = (g_{ij})_{l \times l}$ 。接着采用特征根法计算判决矩阵 G_c 的特征向量和最大特征根。

$$G_c w = \lambda_{\max} w \quad (8)$$

其中 λ_{\max} 为 G_c 的最大特征根, w 是相应的特征向量, w 归一化后就可以作为权重向量。

由 3GPP 定义的 4 类业务分别是会话类, 流媒体类, 交互类和后台业务类。根据业务要求, 按照层次分析法中的 1-9 标度法, 分别构造 4 个判决比

较矩阵 G_c 如下所示:

$$G_{c1} = \begin{matrix} & C1 & C2 & C3 \\ \begin{matrix} C1 \\ C2 \\ C3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1/9 & 1 \\ 9 & 1 & 9 \\ 1 & 1/9 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (9)$$

式(9)是会话类业务的层次矩阵, 其中 $C1, C2, C3$ 分别表示 3 个属性(SINR, 用户通信代价, 网络可用带宽)。同样地, 其余 3 类业务的判决矩阵如下:

$$G_{c2} = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/9 \\ 3 & 1 & 1/5 \\ 9 & 5 & 1 \end{bmatrix}, \quad G_{c3} = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 5 \\ 1/5 & 1 & 1 \\ 1/5 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$G_{c4} = \begin{bmatrix} 1 & 9 & 5 \\ 1/9 & 1 & 1/5 \\ 1/5 & 5 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

由特征向量法确定的权重值及计算的一致性比如表 1 所示。

表 1 每类业务的权重值及一致性比

业务	SINR	代价	带宽	一致性比
会话类	0.0909	0.8182	0.0909	0
流媒体	0.0704	0.1782	0.7514	0.0158
交互式	0.7143	0.1429	0.1429	0
后台类	0.7085	0.0603	0.2311	0.0614

由表 1 可以看出, 各判决矩阵具有满意的一致性。

3 仿真及结果

本文主要考虑下行通信, 因为一般下行链路比上行链路要求更高的带宽。

用来评估各算法的场景同文献[4,5], 在场景范围里有 7 个 BS 和 12 个 AP。WCDMA 小区半径是 1200 m。在仿真区域, 随机产生 200 个 UE, 每过一段时间它们的位置会改变, 这依赖于它们的移动速度和方向, 方向(即运动角度)在 $[0, 2\pi]$ 内均匀分布。用户最大移动速度是 80 km/h, 为简单计, 假设在一次对话时间内速率保持不变, 在下一个对话时间, 速率将会重新初始化。在业务产生模块中, 对于平均对话时间为 60 s 及给定的平均对话到达速率, 用户通信量以泊松到达分布随机产生。为简单计, 假定用户的数据速率是 384 kbps。

假定 BS 和 AP 的代价是 0.8, 0.4。为统计丢话率, 本文限制 BS 和 AP 的最大容量为 2, 11 Mbps。

另外, BS 和 AP 的发送功率取值及功率分配均参考文献[4,5]。

图 1 为不同的对话到达速率下各算法的性能比较图, 与本文 SASAW 算法相比较的是 CSVH 算法^[4]和 MASVH($k=4$)算法^[5]。图 1(a)为系统下行链路吞吐量性能比较图, 由图可以看出, 流媒体业务类的 SASAW 算法取得最高的吞吐量, 这是因为在切换判据中‘可用带宽’这一属性占了绝大的权重, 它在选择网络时总是从负荷平衡角度倾向于选择可用带宽多的网络, 所以它的丢话率也是最低的, 关于丢话率的比较结果可见图 1(b)。图 1(c)为各算法的平均用户通信代价比较图, 由图可以看出, 流媒体业务类的 SASAW 算法的平均用户通信代价较高; 而会话类的 SASAW 算法由于其判决判据中‘通信代价’这一属性占很大比重, 所以会话类的 SASAW 算法在切换时倾向于选择使其代价最低的网络, 由图 1(c)也可以看出, 会话类的 SASAW 算法其曲线在最下方, 取得最低的用户通信代价。图 1(d)是垂直切换次数比较图, 即统计从一个网络切换到另外一个网络(如从 WCDMA 切换到 WLAN, 或者从 WLAN 切换到 WCDMA)的次数, 由图可以看出, 流媒体业务类的 SASAW 算法其垂直切换次数最高。

4 结束语

本文提出了一种基于信干噪比(SINR)和层次分析法(AHP)的 SAW(SASAW)垂直切换算法, 并将之与 CSVH 和 MASVH 算法进行比较。异构网络的切换判决问题其实是一个多属性判决问题, 本文考虑的属性包括来自 WLAN 和 WCDMA 网络的 SINR、用户所需带宽、用户通信代价、网络可用带宽。关于各属性之间的关系, 本文提出的算法针对 3GPP 定义的 4 类业务, 根据不同业务的要求, 利用层次分析法来确定各属性在判决算法中判据中的权重, 仿真结果也表明算法会受到分配的权重向量的影响, 比如流媒体业务类的 SASAW 算法, 它获得了较其它算法更高的吞吐量及更低的丢话率, 但是它的平均用户通信代价也较其它算法高, 且引起的垂直切换的次数也高于其它算法; 所以在实际应用中, 必须综合考虑业务特点及用户喜好等, 在多个属性中权衡利弊、作出取舍。根据文中的分析及仿真结果可以看出, SASAW 算法可以针对业务的特点及需求, 为系统及用户提供优良的性能。

下一步, 本文打算研究有障碍物环境下的垂直切换算法的性能, 以及乒乓效应对算法的影响。

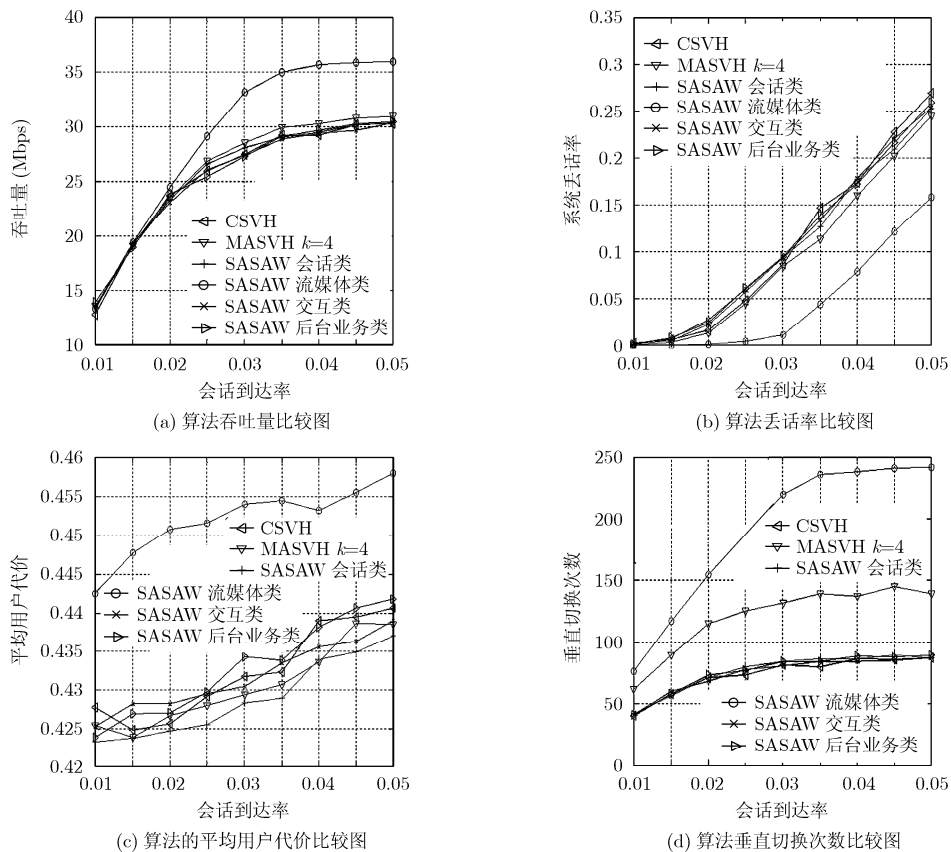


图 1 各垂直切换算法性能比较图

参 考 文 献

- [1] Ben Ali R and Pierre S. On the impact of soft vertical handoff on optimal voice admission control in PCF-based WLANs loosely coupled to 3 G networks. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 2009, 8(3): 1356–1365.
- [2] Yan Xiao-luan, Ahmet Sekercioglu Y, and Narayanan S. A survey of vertical handover decision algorithms in fourth generation heterogeneous wireless networks. Accepted for publication by Elsevier Computer Networks on February 10, 2010.
- [3] Zhang W. Handover decision using fuzzy MADM in heterogeneous networks. IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCNC'04, Atlanta, GA, March 2004, 2: 653–658.
- [4] Yang K, Gondal I, Qiu B, and Dooley L. Combined SINR based vertical handoff algorithm for next generation heterogeneous wireless networks. IEEE Global Telecommunications Conference, Globecom, Washington, DC, USA, 2007: 4483–4487.
- [5] Yang K, Gondal I, and Qiu B. Multi-dimensional adaptive SINR based vertical handoff for heterogeneous wireless networks. *IEEE Communications Letters*, 2008, 12(6): 438–440.
- [6] Kamiyama N and Satoh D. Network topology design using analytic hierarchy process. IEEE International Conference on Communications(ICC), Beijing, China, 2008: 2048–2054.
- [7] Pervaiz H and Bigham J. Game theoretical formulation of network selection in competing wireless networks: an analytic hierarchy process model. NGMAST'09, Third International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, Washington, DC, USA, Sept. 2009: 292–297.
- [8] Stevens-Navarro E and Wong V. Comparison between vertical handoff decision algorithms for heterogeneous wireless networks. IEEE VTC-Spring, Melbourne Australia, May 2006: 947–951.
- [9] IEEE Standard for Information Technology — Telecommunications and Information Exchange between Systems — Local and Metropolitan Area Networks — Specific Requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput, IEEE Std 802.11n-2009, Oct. 2009.
- 刘胜美: 女, 1977 年生, 副教授, 研究方向为异构无线网络关键技术。
- 孟庆民: 男, 1965 年生, 副教授, 研究方向为空时无线通信、宽带多载波与多址和无线 mesh 网络技术。
- 潘 甦: 男, 1969 年生, 副教授, 研究方向为移动通信和无线接入通信网络的物理层和网络层的关键技术。
- 糜正琨: 男, 1946 年生, 教授, 博士生导师, 研究方向为 IP 网络电话和软交换技术、异构无线网络跨层优化垂直切换、异构网络集成及业务融合等。