

基于业务需求的速度自适应垂直切换算法

陶 洋, 江彦鲤*, 陈雷成

(重庆邮电大学 通信与信息工程学院, 重庆 400065)

(*通信作者电子邮箱 cgyddxjyl@163.com)

摘 要:下一代网络(NGN)是一种采用不同无线接入技术的融合网络,在这种融合的网络环境中,不同无线接入技术间的垂直切换成为重要的研究课题。但是现有的垂直切换算法少有考虑用户业务对网络的实际需求偏好以及用户的移动性,大多以网络端的属性值作为切换判决指标。为了解决上述问题,提出了一种基于业务需求的速度自适应垂直切换算法,并通过速度因子以及网络属性因子矩阵来补偿因节点运动而对无线链路质量造成的损耗,自适应调整业务对网络属性因子需求的权重,从而支撑节点做出有效的切换判决,最终实现速度自适应的能更好地服务于应用业务的垂直切换。仿真实验表明,该算法能有效地克服乒乓效应,且与其他切换算法相比有较高的数据吞吐量。

关键词:下一代网络;业务需求;速度;自适应;垂直切换

中图分类号: TN929.5 **文献标志码:** A

Speed adaptive vertical handoff algorithm based on application requirements

TAO Yang, JIANG Yanli*, CHEN Leicheng

(School of Communication and Information Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: Next Generation Network (NGN) is an integrative network which uses different radio access technologies. In this converged network environment, vertical handoff between different wireless access technologies becomes an important research topic. However, most of vertical handoff algorithms do not think about the actual demands of network and the mobility of user, but taking network properties as the standards of judgment. In order to solve the problem above, a speed adaptive vertical handoff algorithm based on application requirements was proposed, which used the speed factor and network properties matrix to compensate for the quality loss of wireless link caused by mobility, which adaptively adjusted the weights of network properties that the application needs and supported node to make effective decisions. This algorithm realized vertical handoff with adaptive speed which better served the application and. Simulation results show that the proposed algorithm can overcome the ping-pang effect effectively and it has higher packet throughput in comparison with the other vertical handoff algorithms.

Key words: Next Generation Network (NGN); application requirement; speed; adaptive; vertical handoff

0 引言

随着通信技术的不断发展,越来越多的无线接入技术应运而生,不同接入技术在覆盖范围、数据传输时延、带宽等方面各不相同^[1-2]。在节点移动过程中,为了更好地使网络服务于应用业务,节点必须选择服务质量最适于当前应用业务的网络,即发生网络的垂直切换^[3]。

当前已提出的垂直切换算法有基于信号强度以及迟滞电平的切换算法^[4]、简单加权法(Simple Additive Weighting, SAW)、灰色关联分析法(Grey Relational Analysis, GRA)、乘指数加权法(Multiplication Exponent Weighting, MEW)、接近理想方案的序数偏好算法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)^[5]以及基于信噪比(Signal to Interference and Noise Ratio, SINR)的垂直切换算法^[6]。但是大多数的垂直切换算法都以单一的网络属性因子作为切换判决指标,且在切换时不会考虑应用业务对网络的实际需求

偏好^[7-8]。此外,文献[9]提出了一种基于速度感知的垂直切换算法,文献[10]提出了一种基于移动台位置估计和移动速度的切换算法,但其均忽略了不同速率对无线链路质量具有不同程度的影响,从而导致现有的切换算法不能进行高效的具有更佳用户体验的切换。

图1是基于多普勒理论进行的速度对无线链路影响的仿真研究,其中:图(a)是发送信号;图(b)是速度分别为60 km/h与0 km/h时接收信号的差值;图(c)是速度分别为160 km/h与100 km/h时接收信号的差值;图(d)是速度取0 km/h到160 km/h区间以步长为10 km/h增加的不同速度值之间的接收信号差值。从图中可以看出,速度取相同跨度时,速度较大区间内信号差值比速度较小区间内信号差值大,即不同的速度对无线链路质量的影响不同。

本文充分考虑了不同速度对无线链路质量的影响,并通过速度因子以及网络属性因子矩阵来补偿节点因在低速、中速以及高速情况下运动对无线链路质量造成的损耗,同时考

收稿日期:2013-11-11;修回日期:2013-12-21。

作者简介:陶洋(1964-),男,重庆人,教授,博士,主要研究方向:通信网络、多维网络;江彦鲤(1990-),女,四川达州人,硕士研究生,主要研究方向:无线通信;陈雷成(1988-),男,山东日照人,硕士研究生,主要研究方向:通信理论、信道模拟。

虑到不同应用业务对网络质量的需求不同,以实现自适应调整业务对网络属性因子需求的权重,从而支撑节点做出有效的切换判决。基于此,本文提出了一种基于业务需求的速度自适应垂直切换算法(Speed Adaptive vertical handoff algorithm Based on Application Requirements, SA-BAR),该算法要求运动节点实时地获取自身的运动速度,通过运动速度确定速度等级,从而求出该运动等级下节点的速度因子,最终得到业务对网络中各个网络属性因子需求的权重,目前可通过全球定位系统(Global Position System, GPS)定位技术获取节点的位置信息以及速度信息,文献[11-12]均使用了GPS技术获取节点的位置以及速度信息,这使得整个算法实现的难度大大降低。

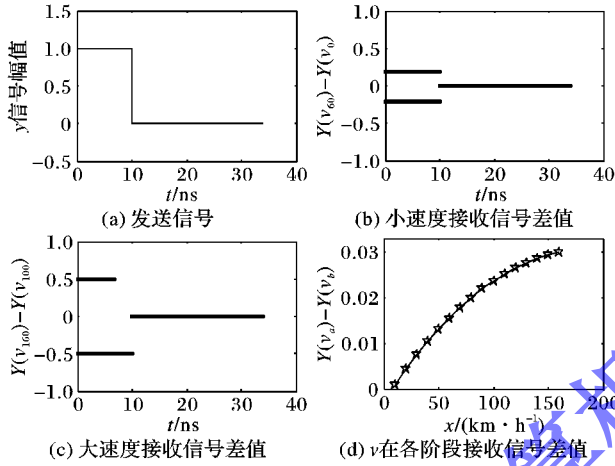


图1 速度对无线链路质量的影响

1 基于速度因子及业务需求的垂直切换算法

本文算法通过构造网络属性因子矩阵,再由该矩阵依据数学方法求出其特征向量,然后充分考虑速度对网络属性因子的影响,将速度影响因子融入到网络属性因子矩阵的特征向量中,再将其特征向量归一化,归一化后的特征向量即为不同应用业务所需的基于速度因子的网络属性因子的权重,最终根据网络属性因子的权重进行判决切换。

1.1 基于业务需求的网络属性因子矩阵的构造

在此定义基于业务需求的网络属性因子矩阵 U 如下:

$$U(A, N, N) \quad (1)$$

其中: A 表示应用业务向量,通常将下一代互联网应用业务分为四类,分别为会话类、交互类、流媒体类和后台类,在此分别用 $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 表示,由此可得 $A = [\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4]$; N 表示网络属性因子向量,本文取接受信号强度(Received Signal Strength, RSS)、网络带宽(Band Width, BW)、网络延迟(Delay, D)、时延抖动(Jitter, J)、丢包率(Packet Loss Rate, P_{LR})等网络属性因子作为切换判决的考虑因素,由此可得:

$$N = [RSS \ BW \ D \ J \ P_{LR}] \quad (2)$$

由于在某一特定的速度因子下不同的网络属性因子对应应用业务的重要程度不一样,在此采用了层次分析法^[13],因此可用 $U(A, :, :)$ 表示为不同的网络属性因子对应应用业务的相对重要程度矩阵,在此规定:

1) 一种网络属性因子较另外一种网络属性因子极度重

要取值为8,十分重要取值为6,重要取值为4,相对重要取值2,可分别取中间值3,5,7表示两属性因子的重要程度介于二者之间。

2) 一般而言,网络属性因子 m 相对于网络属性因子 n 所取重要性值为 B_{mn} ,则网络属性因子 n 相对于网络属性因子 m 的重要性值取其倒数 $1/B_{mn}$ 。

下面以会话类业务为例,构造基于业务需求的网络属性因子矩阵。

会话类业务主要强调业务信息的实时性,较大的时延以及时延抖动都会造成用户不好的交互体验,如声音失真以及画面变质等。相比而言,由于人本身的感官限制,少量的丢包并不会造成用户感知质量的下降,所以相对于网络时延以及时延抖动其重要性就没有那么重要。除此之外,交互类业务对网络带宽的要求不高,通常而言目前所使用的网络均能满足交互式可视化电话对网络带宽的需求。综上所述,对于会话类业务而言时延以及时延抖动相对其他网络属性重要得多。

由此可得,基于会话类业务需求的网络属性因子矩阵如下:

$$U(\beta_1, :, :) = \begin{matrix} & \begin{matrix} RSS & BW & D & J & P_{LR} \end{matrix} \\ \begin{matrix} RSS \\ BW \\ D \\ J \\ P_{LR} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 4 & 1/7 & 1/7 & 1 \\ 1/4 & 1 & 1/6 & 1/6 & 1/2 \\ 7 & 6 & 1 & 2 & 7 \\ 7 & 6 & 1/2 & 1 & 6 \\ 1 & 2 & 1/7 & 1/6 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3)$$

1.2 速度因子的确定

为了充分表示速度对无线链路质量的影响,定义速度因子 a :

$$a = \begin{cases} 1, & v_0 \\ 1 + \eta^k, & v_1 \\ 1 + \eta^k + \eta^{k-1}, & v_2 \\ 1 + \eta^k + \eta^{k-1} + \eta^{k-2}, & v_3 \\ \vdots & \vdots \\ 1 + \eta^k + \eta^{k-1} + \eta^{k-2} + \cdots + \eta, & v_k \end{cases} \quad (4)$$

其中:

1) 设 v_h 为节点的最高运动速度, v_l 为节点的最低运动速度,则 $v_1, v_2, v_3, \dots, v_k$ 的取值范围依次定义为:以 v_l 为初值以 $(v_h - v_l)/k$ 为步长的各个左闭右开区间。其中 k 依具体的情况而定,若速度缓慢变化 k 可取较小值,若速度迅速变化则 k 值可取较大值,即对于节点运动速度等级 $v_{\text{等}}$ 有:

$$v_{\text{等}} = \{v_i \mid i = 1, 2, 3, \dots, k\},$$

$$v_i \in \left[v_l + (i-1) \frac{v_h - v_l}{k}, v_l + i \frac{v_h - v_l}{k} \right) \quad (5)$$

规定 v_0 的取值范围为 0 km/h 至 20 km/h ,则 $v_1, v_2, v_3, \dots, v_k$ 的取值范围应除去与 v_0 公有的部分。

2) 当速度低于 20 km/h 时, η 取值为0;当速度高于 20 km/h 时, η 可取0到1的任意值,本文取值0.5。

1.3 基于速度因子的网络属性因子权重确定

利用数学方法求出基于业务需求的网络属性因子矩阵的最大特征值所对应的特征向量,将速度因子融入到该特征向量中,再将其净归一化,即为该业务基于速度因子的网络属性因

子权重。利用式(6)即可求得其最大特征值所对应的特征向量:

$$Uw = \lambda w \quad (6)$$

由上可得最大特征值 λ 以及其所对应的特征向量 w , 并将 w 进行净归一化处理。

定义基于速度因子的网络属性因子权重向量为 $Q_{\text{权}}$, 则有:

$$Q_{\text{权}} = ak + w \quad (7)$$

其中 $k = [k_1, k_2, k_3, k_4, k_5]$, $k_i (i = 1, 2, 3, 4, 5)$ 取值为 $[0, 1, 2]$, 其表示速度对网络属性因子的影响等级, “0” 表示轻微影响, “1” 表示一般影响, “2” 表示严重影响。以会话类业务为例 $k = [1, 0, 2, 2, 1]$, 则可得:

$$Q_{\text{权}} = \begin{bmatrix} \text{RSS} & \text{BW} & D & J & P_{\text{LR}} \\ 0.08 + a & 0.04 & 0.46 + 2a & 0.35 + 2a & 0.07 + a \end{bmatrix} \quad (8)$$

将基于速度因子的网络属性因子权重向量进行净归一化处理可得:

$$Q_{\text{权}} = \begin{bmatrix} \text{RSS} & \text{BW} & D & J & P_{\text{LR}} \\ \frac{0.08 + a}{6a + 1} & \frac{0.04}{6a + 1} & \frac{0.46 + 2a}{6a + 1} & \frac{0.35 + 2a}{6a + 1} & \frac{0.07 + a}{6a + 1} \end{bmatrix} \quad (9)$$

即为会话类业务基于速度因子的网络属性因子的权重。

1.4 判决切换

常见的切换触发情况^[14]有当前网络的信号强度明显下降、其他网络有更好的链路质量以及当前使用的网络严重拥塞等。本文则根据当前业务对网络的需求该网络是否能满足来触发切换, 通过前面所求出的基于速度因子的网络属性因子权重向量和实际网络质量状况进行对比, 选择最适合当前节点所承载业务的网络, 在此以最大相似的方法选择出切换的目标网络。具体步骤如下。

1) 依据上述公式求出节点在当前的速度等级下业务所需求的网络属性因子的权重值 $Q_{\text{权}}$ 。

2) 根据所求出的网络属性的权重值, 从覆盖本地区域的网络中选出符合该权重比例的网络, 若 $N_i [b_1, b_2, b_3, b_4, b_5]$ ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) 表示备选网络 i 的网络属性因子测量值的归一化向量, 则应满足:

$$Q_{\text{权}} = m N_i; \quad m > 0 \quad (10)$$

3) 选择出权重值相对较高的前两种网络属性, 在步骤2) 选出的网络中选择网络属性测量值相对较高的两种网络 (相对于网络时延及时延抖动值较小较理想)。

4) 从此两种网络中选择其他网络属性值相对较高的一种网络, 从而切换到该种网络。

通过此方法能保证节点在承载任意业务以及任意速度下都能切换到最适合业务传输的网络。

2 仿真结果

本文分别对 SA-BAR 以及普通的基于迟滞电平的切换算法 (下面以 GE 表示) 在 Matlab 仿真软件下进行性能评测。仿真中网络覆盖场景如图 2(a) 所示, 无线局域网 (Wireless Local Area Network, WLAN) 的覆盖范围是以 (700, 0) 为中心以 100 m 为半径的圆区域, 全球微波互联接入 (Worldwide Interoperability for Microwave Access, WIMAX) 的覆盖范围是以 (1000, 0) 为中心、以 500 m 为半径的圆区域, 通用移动通信系统 (Universal Mobile Telecommunications System, UMTS) 的覆

盖范围是以 (1000, 0) 为中心、以 1000 m 为半径的圆区域。其中仿真参数设置如下: WLAN 的接入带宽为 11 Mbps, UMTS 的接入带宽为 2 Mbps, WIMAX 的接入带宽为 15 Mbps, GE 算法中的迟滞电平为 $1.78e^{-11}$, 移动终端的坐标为 (0, 0), 且在其上运行会话类业务, 并让其从 (0, 0) 出发, 沿水平 x 轴方向一直加速行驶, 直至速度达到 144 km/h, 且行至 2000 m 以外。仿真结果如图 2(b) ~ (d) 所示。

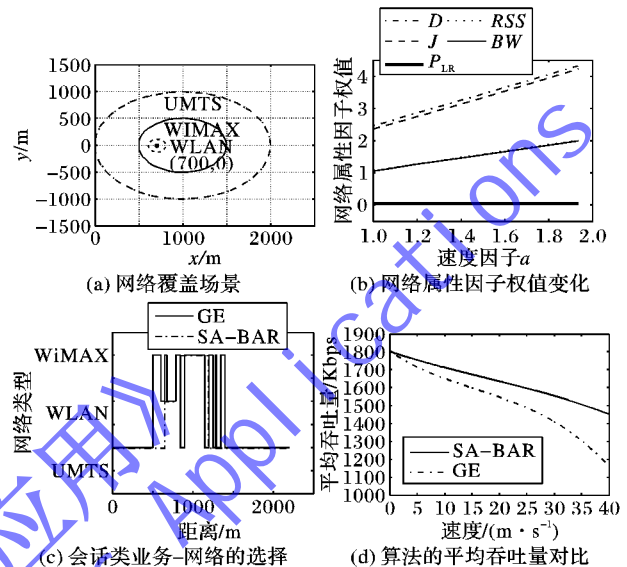


图2 算法仿真结果

从图(b)可以看出, 对于会话类业务而言, 其所偏向的网络属性因子 D, J 随着速度因子的增大而增大; 从图(c)可以看出, SA-BAR 可以减少不必要的网络切换; 从图(d)可以看出两种算法随着速度的提高平均吞吐量均会降低, 但是 SA-BAR 的平均吞吐量优于 GE 算法。综合图 2 可得: SA-BAR 的性能优于 GE 算法。

3 结语

鉴于以往提出的切换算法的种种局限性, 本文提出了一种新的适合无线异构网络的垂直切换算法, 该算法充分考虑速度对无线链路质量的影响, 且能自适应不同速率, 并通过多种网络属性因子的分析, 选择出最适合当前承载业务的网络并切换, 通过仿真分析验证了该算法能有效提高垂直切换的效率。

参考文献:

- [1] JIANG X. The status and prospects of broadband wireless access technology [J]. Science and Technology Information, 2008 (31): 39. (蒋熹. 宽带无线接入技术的现状与前景[J]. 科技资讯, 2008 (31): 39.)
- [2] ZHOU W. The researching of heterogeneous network access selection technology [D]. Chongqing: Chongqing University of Posts and Telecommunications, 2011. (周伟光. 异构融合网络接入选择技术研究[D]. 重庆: 重庆邮电大学, 2011.)
- [3] SIDDQUI F, ZEADALLY S. Mobility management across hybrid wireless networks: trends and challenges [J]. Computer Communications, 2006, 29(9): 1363–1385.
- [4] HALGAMUGE M N, HAI L V, RARNAMOHANARAO K, et al. Signal-based evaluation of handoff algorithms [J]. IEEE Communications Letters, 2005, 9(9): 790–792.

(下转第 1262 页)

4 结语

DNA 编码序列设计问题是 DNA 计算的首要与核心问题,也是 DNA 计算机工程实现过程中必须要解决的问题,目前尚无统一的求解方法。本文中共享函数的应用,说明 DNA 编码序列设计问题是一个多模函数的优化问题,也说明了 DNA 编码序列设计问题是难于求解的。未来自适应方法的应用,可以期望获得更好的结果与计算效率的进一步提高。

参考文献:

- [1] ADLEMAN L M. Molecular computation of solution to combinatorial problems [J]. *Science*, 1994, 266(11): 1021–1023.
- [2] IGNATOVA Z, MARTINEZ-PEREZ I, ZIMMERMANN K H. DNA computing models [M]. XI F, WANG S, QIANG X, translation. Beijing: Tsinghua University Press, 2010. (IGNATOVA Z, MARTINEZ-PEREZ I, ZIMMERMANN K H. DNA 计算模型[M]. 郝方, 王淑栋, 强小利, 译. 北京: 清华大学出版社, 2010.)
- [3] GARZON M, DEATON R, NEATHERY P, *et al.* On the encoding problem for DNA computing [C]// Preliminary Proceedings of 3rd DIMACS Workshop on DNA-based Computers. Providence: American Mathematical Society, 1997: 230–237.
- [4] GARZON M H, DEATON R J. Codeword design and information encoding in DNA ensembles [J]. *Natural Computing*, 2004, 3(3): 253–292.
- [5] BAUM E B. DNA sequences useful for computation [C]// Proceedings of 2nd DIMACS Workshop on DNA Based Computers. Providence: American Mathematical Society, 1996: 122–127.
- [6] GARZON M, NEATHERY P, DEATON R, *et al.* A new metric for DNA computing [EB/OL]. [2013-04-17]. <http://csc.e. uark.edu/~rdeaton/dna/papers/gp97code.pdf>.
- [7] PHAN V, GARZON M H. On codeword design in metric DNA spaces [J]. *Natural Computing*, 2009, 8(3): 571–588.
- [8] SAGER J, STEFANOVIC D. Designing nucleotide sequences for computation: a survey of constraints [C]// DNA '05: Proceedings of the 11th International Conference on DNA Computing. Berlin: Springer-Verlag, 2006: 275–289.
- [9] PENCHOVSKY R, ACKERMANN J. DNA library design for molecular computation [J]. *Journal of Computational Biology*, 2003, 10(2): 215–229.
- [10] WANG W, ZHENG X, ZHANG Q, *et al.* The optimization of DNA encodings based on GA/SA algorithm [J]. *Progress in Natural Science*, 2007, 17(6): 739–744.
- [11] ZHANG Q, WANG B, ZHANG R, *et al.* Genetic algorithm-based design for DNA sequences sets [J]. *Chinese Journal of Computers*, 2008, 31(12): 2193–2199. (张强, 王宾, 张锐, 等. 基于动态遗传算法的 DNA 序列集合设计[J]. 计算机学报, 2008, 31(12): 2193–2199.)
- [12] ZHANG X, WANG Y, CUI G, *et al.* Application of a novel IWO to the design of encoding sequences for DNA computing [J]. *Computers and Mathematics with Applications*, 2009, 57(11/12): 2001–2008.
- [13] ARITA M, KOBAYASHI S. DNA sequence design using template [J]. *New Generation Computing*, 2002, 20(3): 263–277.
- [14] SHIN S Y, LEE I H, KIM D, *et al.* Multiobjective evolutionary optimization of DNA sequences for reliable DNA computing [J]. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 2005, 9(2): 143–158.
- [15] CERVANTES-SALIDO V M, JAIME O, BRIZUELA C A, *et al.* Improving the design of sequences for DNA computing: a multiobjective evolutionary approach [J]. *Applied Soft Computing*, 2013, 13(12): 4594–4607.
- [16] CHAVES-GONZALEZ J M, VEGA-RODRIGUEZ M A, GRANADO-CRIADO J M. A multiobjective swarm intelligence approach based on artificial bee colony for reliable DNA sequence design [J]. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2013, 26(9): 2045–2057.
- [17] ZHANG K, GENG X, XIAO J, *et al.* DNA sequence design problem and complexity analysis [J]. *Application Research of Computers*, 2008, 25(11): 3264–3267. (张凯, 耿修堂, 肖建华, 等. DNA 编码问题及其复杂性研究[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(11): 3264–3267.)
- [18] SANTALUCIA J, HICKS D. The thermodynamics of DNA structural motifs [J]. *Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure*, 2004, 33: 415–440.

(上接第 1238 页)

- [5] STEVENS-NAVARRO E, WONG V W S. Comparison between vertical handoff decision algorithms for heterogeneous wireless networks [C]// Proceedings of the IEEE 63rd 2006 Vehicular Technology Conference. Piscataway: IEEE Press, 2006, 2: 947–951.
- [6] YANG K, GONDAL I, QIU B, *et al.* Combined SINR based vertical handoff algorithm for next generation heterogeneous wireless networks [C]// IEEE Global Telecommunications Conference. Piscataway: IEEE Press, 2007: 4483–4487.
- [7] ZHANG N, HOLTZMAN J M. Analysis of handoff algorithms using both absolute and relative measurements [J]. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 1996, 45(1): 174–179.
- [8] XU P, FANG X, YANG J. The hierarchical network handover algorithm based on signal strength and power loss [J]. *Journal of South west Jiaotong University*, 2011, 46(1): 98–105. (徐鹏, 方旭明, 杨俊. 基于信号强度和功率损耗的分层网络切换算法[J]. 西南交通大学学报, 2011, 46(1): 98–105.)
- [9] LIU M, LI Z, GUO X. A vertical handoff algorithm based on the speed perception [J]. *Acta Electronica Sinica*, 2008, 36(6): 1198–1201. (刘敏, 李忠诚, 过晓冰. 一种基于速度感知的垂直切换算法[J]. 电子学报, 2008, 36(6): 1198–1201.)
- [10] LIN H P, JUANG R T, LIN D B. Validation of an improved location-based handover algorithm using GSM measurement data [J]. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2005, 4(5): 530–536.
- [11] LI B. Movement-aware based vertical handoff algorithm research [D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2013. (李彬. 基于运动感知的垂直切换算法研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2013.)
- [12] FANG B, SONG J. Location information based handoff decision algorithm on IP layer and performance analysis [J]. *Acta Electronica Sinica*, 2004, 32(z1): 153–156. (方波, 宋俊德. 基于位置信息的 IP 层切换判决机制及性能分析[J]. 电子学报, 2004, 32(z1): 153–156.)
- [13] WANG L, XU S. Introduction to analytic hierarchy process [M]. Beijing: China Renmin University Press, 1990. (王莲芬, 许树柏. 层次分析法引论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1990.)
- [14] LI J. The theory and technology implementation of heterogeneous wireless network integration theory and technology [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2009. (李军. 异构无线网络融合理论与技术实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.)