

基于速度预测的异构网络切换算法^①

王良鸿¹, 郑 华^{1,2,3,4}, 林宏国¹, 蔡坚勇^{1,2,3,4}, 陈顺凡^{1,2,3,4}

¹(福建师范大学 光电与信息工程学院, 福州 350007)

²(福建师范大学 医学光电科学与技术教育部重点实验室, 福州 350007)

³(福建师范大学 福建省光子技术重点实验室, 福州 350007)

⁴(福建师范大学 智能光电系统工程研究中心, 福州 350007)

摘 要: 为高速移动的用户提供一种基于速度预测的异构网络垂直切换算法, 使用场景如公路的直线路段. 根据直线道路场景的特点, 结合驻留时间算法设计了一种基于速度预测的垂直切换算法. 该算法通过创建速度矩阵以及与速度矩阵相对应的权重矩阵, 经过数学运算, 求得下一时刻的速度和终端的位置, 然后结合传统算法得到切换判决. 由仿真得到, 在相同的环境及可靠的信号强度下, 与经典的算法相比较, 新算法虽然增加了切换次数, 但有效减少了切换延时.

关键词: 异构网络; 速度预测; 直线路段; 切换延时

Vertical Handover Algorithm Based on Speed Prediction within Heterogeneous Networks

WANG Liang-Hong¹, ZHENG Hua^{1,2,3,4}, LIN Hong-Guo¹, CAI Jian-Yong^{1,2,3,4}, CHEN Shun-Fan^{1,2,3,4}

¹(College of Photonic and Electronic Engineering, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

²(Key Laboratory of Optoelectronic Science and Technology for Medicine Ministry of Education, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

³(Fujian Provincial Key Laboratory for Photonics Technology, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

⁴(Intelligent Optoelectronic Systems Research Centre, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: In this paper, we propose a vertical handover algorithm based on speed prediction for mobility users, such as the scenario of the straight highway. Combining with the dwell time algorithm and the straight road scenario, this paper proposes a handover algorithm based on speed prediction. In this algorithm, speed matrices and the corresponding weight matrices are created. Then through mathematics, the speeds and the next interval position of terminals would be determined. Finally terminals make a handover decision with the dwell time algorithm. The simulation results indicate that, the proposed algorithm would increase the handover times, but effectively reduce the handover latency with the same environment and reliable signal strength, comparing to the traditional dwell time algorithm.

Key words: Heterogeneous networks; speed prediction; straight road; latency

目前, 异构网络的垂直切换技术已经取得一定的成果. 2006 年, IEEE 提出 802.11 标准, 针对不同的 L2(链路层第二层), 提出能够介于 L2, L3(链路层第三层)的垂直切换标准^[1]. 垂直切换算法实现异构网络的切换, 但也带来一些的问题, 比如切换次数和切换延时. 为了减少切换次数, PAND 提出了基于迟滞电平的网络切换机制, 这种机制基于 RSS(Receiving Signal Strength), 缓解了乒乓效应^[2]. 此后, Buddhikot M 提出

基于驻留时间的网络切换机制, 将变量改成时间, 在超过阈值信号量的一段时间内如果信号量还是高于阈值信号, 则进行切换^[3]. 但是以上两种方法设置的阈值都是静态的, 会给当前复杂的网络造成切换时间的延迟.

国内专家在这方面的研究比较晚, 但是随着国内技术逐渐成熟, 研究成果也越来越多, 许多专家开始考虑到速度变化对切换的影响. 刘敏等给出了上述两

① 收稿时间:2016-06-27;收到修改稿时间:2016-09-08 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005717]

种切换机制的数学表达式, 通过数学语言能够比较形象的阐述两种切换机制的实际内容^[4]. 刘侠等采用前向差分的方法, 对终端的运动趋势进行预判, 提高了切换的时机和切换的效率^[5]. 张月莹等提出基于 QoS 的资源分配方案, 从用户的角度出发进行网络的切换^[6]. 夏玮玮等人提出一种以信号强度、终端移动速度和网络带宽等综合因素为判决条件, 并且结合模糊神经网络的切换机制, 解决了单一判决标准的缺陷^[7]. 石文孝等人针对负载状况考虑不周全的问题, 提出了一种基于 RBF 模糊神经网络的接入选择算法^[8]. 范存群等人提出了基于贝叶斯算法的车载网络接入技术, 通过计算得到信号的接收强度、传输速率、误码率和网络阻塞率以及车辆终端的速度和运动趋势等多条件相关的切换概率分布, 避免了乒乓效应, 保证了网络及时更新^[9].

传统的驻留时间算法在一定程度上降低了乒乓效应, 但也增加切换时间, 由于切换时间的延长, 加上原有基站信号不断衰减, 可能导致移动终端的通信中断, 因此, 本文提出一种基于速度预测的垂直切换算法.

1 基于速度预测算法的推导

1.1 速度矩阵的构建

移动终端运动过程中, 对终端的运动速度均匀采样, 采样时间为 t , 终端速度记做 v , 将距离当前速度最近的 10 个速度的集合记做:

$$v_n = (v_1, v_2, v_3, v_4, \dots, v_9, v_{10}) \quad (1)$$

v_1 表示当前的速度, v_{10} 表示已过去十个采样时间的速度.

$$w_n = (w_1, w_2, w_3, w_4, \dots, w_9, w_{10}) \quad (2)$$

w_n 表示相对应 10 个采样速度的权重值集合.

根据生活经验, 事件发生的时间越靠近, 事件之间的相关系数就越大, 根据这个特点, 本文中速度对应权重值是按照与当前时间的前后顺序分配的^[10], 本文给出了式(3)、式(4)计算不同速度下对应的权重值.

当 $v_n > v_{n-1}$ 时, 表示当前速度大于前一时刻速度, 对应下一时刻速度权重可用公式(3):

$$w_n = 1 + \frac{v_n}{v_{n-1} \times v_k} \quad (3)$$

当 $v_n < v_{n-1}$ 时, 表示当前速度小于前一时刻速度,

下一时刻速度权重值可以用公式(4):

$$w_n = 1 - \frac{v_n}{v_n \times v_{n-1}} \quad (4)$$

将权重矩阵与速度矩阵分别相乘, 得到预测的速度^[11].

$$v_{n+1} = v_n \times w_n \quad (5)$$

1.2 终端位置预测与接收信号强度预测

本文假设终端处于直线路段, 道路两边架有蜂窝网络基站和 Wi-Fi 网络基站, 终端在运动过程中只需考虑速度的大小, 无需考虑速度的方向, 移动终端位置可由公式(6)预测.

$$l_{n+1} = l_n \pm v_{n+1} \times t \quad (6)$$

式中, l_{n+1} 表示下一时刻的位置, l_n 表示当前的位置, v_{n+1} 为下一时刻预测的速度, t 为采样时间^[12].

接收信号的损失包含两个方面, 一方面来源于距离、另一方面来源于发射信号的中心频率, 并呈现对数关系, 可用公式(7)计算^[13].

$$p_l = 32.5 + 20 \lg d + 20 \lg f \quad (7)$$

式中, p_l 表示信号损失, f 为网络中心频率, d 为基站与移动终端的距离.

根据接收信号与发送信号的关系, 可以将发送信号与传送过程中的损耗做差值得到下一时刻接收到的信号强度, 如公式(8)所示:

$$P_{RSS} = P_t - p_l \quad (8)$$

P_{RSS} 表示下一时刻接收的信号强度, P_t 为基站发送的信号强度, p_l 为在传送过程中的信号损失.

2 基于速度预测切换策略

本文的切换策略主要是建立在基于迟滞电平^[2]和基于驻留时间算法^[3]的结合, 基于驻留时间算法的主要思想是:

- 1) 移动终端不断更新当前接收到的附近各个基站的信号强度;
- 2) 当前连接基站与附近基站的信号强度作比较, 若当前基站大于附近基站的信号强度, 则不启动定时器; 反之, 启动驻留时间定时器;
- 3) 当定时器计时达到设定的时间且目标基站仍然大于当前基站的信号强度时, 终端向网络端发送切换请求; 否则, 不发送请求;
- 4) 网络端向终端发送切换响应, 终端切换到相应的基站.

这种算法能明显减少切换次数,但是由于定时器的存在,在切换过程中会带来切换延迟,因此本文提出一种可以降低切换延迟的方法.

通过对终端速度的预测,进而预测下一时刻终端位置,计算终端接收到的下一时刻各个网络的信号强度,然后比较当前连接基站与附近基站的信号强度大小,最后做出切换判决.很明显这种方法可以在移动终端未到达该位置时,提前预测终端的位置,然后提前得到判决结果,且在保证信号强度能支持可靠通信的同时让移动终端提前判决.

该方法的算法思想是:

- 1) 移动终端不断更新附近基站的信号强度;
- 2) 权重矩阵与速度矩阵相乘得到终端下一时刻的速度;
- 3) 预测得到移动终端下一时刻的位置以及信号接收强度;
- 4) 比较连接基站与附近基站的信号强度,若预测的信号强度大于附近基站的信号强度,则不启动定时器;反之,启动驻留时间定时器;
- 5) 当达到定时器设定的阈值且目标基站的信号强度仍大于当前基站的信号,则移动终端向网络端发送切换请求;否则,不发送切换请求;
- 6) 网络端向移动终端发送切换响应,终端切换到相应的基站.

根据上述的算法思想,得到图 1 流程图.

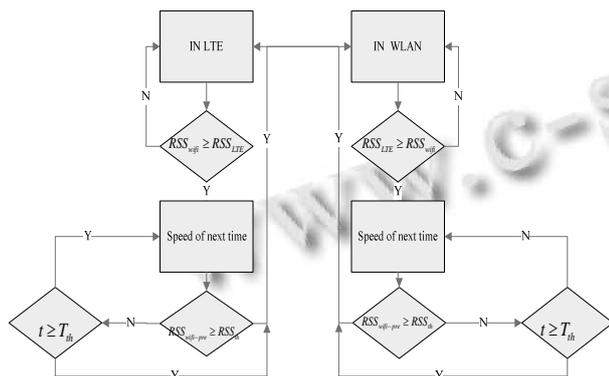


图 1 基于速度预测的异构网络切换算法

3 仿真结果分析

3.1 仿真环境的搭建与仿真参数的设计

由于本算法假设的仿真场景是直线公路,所以在本次环境搭建中,本文将基站的中心放在一条直线上,并且让基站的覆盖半径有部分重叠,当移动终端运动

到重叠区域时,两个基站的信号强度发生改变,这时候就会产生切换.

本文假设 Wi-Fi 基站在移动终端左侧, LTE 基站在右侧,移动终端从道路的左侧开始直线运动,首先,终端处于 Wi-Fi 基站的覆盖范围下,慢慢靠近 LTE 基站,所以 Wi-Fi 基站信号强度下降而 LTE 基站信号强度增强,移动终端在这种情况下做出切换判决,最后终端越过 Wi-Fi 的覆盖范围,离开 LTE 基站的范围时再折返,这样运动 300 秒.

仿真场景如图 2 所示.

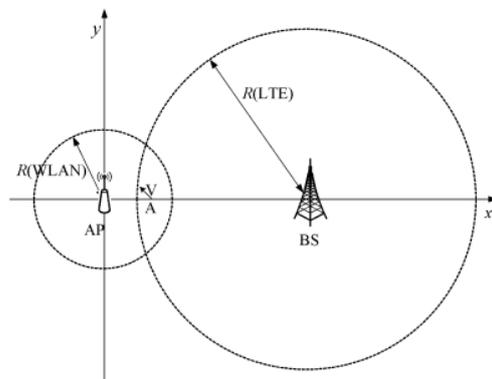


图 2 速度预测算法的仿真场景

仿真参数对于实验的成功与否至关重要,如果采样时间过长就会削弱本算法对切换效果的影响;如果采样的时间过短,会导致刷新过快,计算量加大,增加移动终端的工作量.驻留时间的选取会影响切换延时,所以本文按照仿真场景分别设定了 Wi-Fi 半径、功率、LTE 半径、功率以及采样时间和驻留时间的参数,如表 1 所示.

表 1 仿真参数设置

参数	数值	参数	数值
WLAN 半径(km)	0.5	LTE 半径(km)	3
WLAN 功率(dB)	30	LTE 功率(dB)	40
驻留时间(s)	3	采样时间(s)	1

3.2 仿真结果及分析

网络的服务质量不仅取决于网络的带宽和负载,通信的连续性、通信过程中的等待时间也需要重点关注.通信的连续性是本文实验的重要指标.主要分为切换次数和切换延时^[14].

从图 3 可以看出,随着采样时间的推移,移动终端接收到 Wi-Fi 基站的信号强度在降低,而接收到 LTE 基站的信号强度在增强.当两者信号一样的时候,

代表 Wi-Fi 接收信号的带星号红线与代表 LTE 接收信号的蓝线会交叉。这时，基于信号强度垂直切换算法将把这个位置作为判决的条件，当带星号红线继续下降，蓝线继续上升时，移动终端将连接基站从 Wi-Fi 切换到 LTE，但是在基于驻留时间算法中，是在蓝线上升一段时间，红线下下降一段时间后，且蓝线与红线的高度差还大于阈值时才进行切换。这样可以避免终端在临界位置不断切换。图 3 可以看出在往复运动的过程中，带星号红线和蓝线有多次的交叉，代表着有多次的切换。

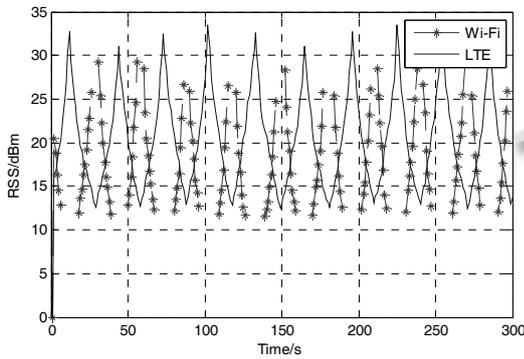


图 3 移动终端接收到的信号强度

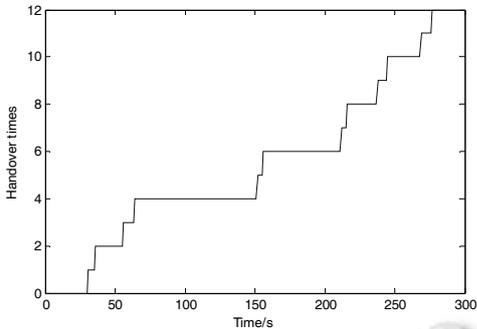


图 4 基于驻留时间算法的切换次数

图 4 可以看出，基于驻留时间算法的切换次数为 12 次，而图 3 中交叉的地方有 23 个，这说明如果没有该算法，应该发生 23 次切换，所以该算法明显降低了切换的次数。

下面将图中的时间较为靠前的 8 个点整理在表 2 中，以便分析。

表 2 基于驻留时间的异构网络切换时间点

		切换时间点			
切换类型	LTE to Wi-Fi	31	56	154	213
	Wi-Fi to LTE	28	52	150	210

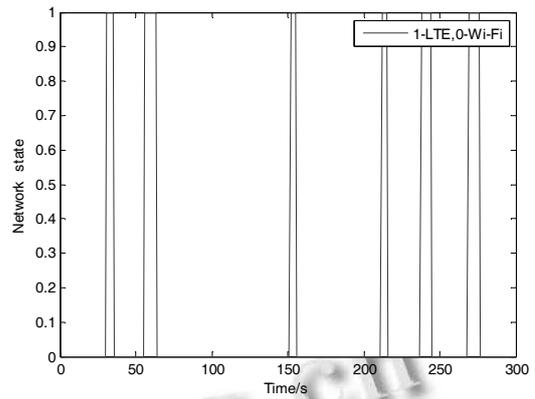


图 5 基于驻留时间的切换算法的切换时间

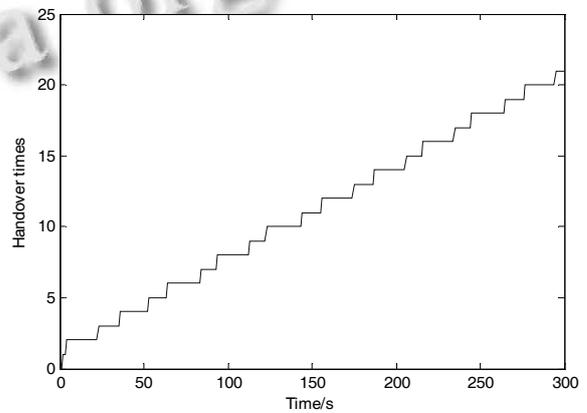


图 6 基于速度预测的异构网络切换次数

从图 6 可知，新算法与驻留时间算法相比，切换次数有所增加，但相对于传统切换算法的切换次数降低了两次，但考虑到本文的应用环境在于公路直线路段，所以移动终端在一个地方徘徊的情况很少出现。实际上，终端切换的次数少于本次仿真。

取图 6 中与图 5 中所选取的切换时间点接近的时间点并整理得到表 3。

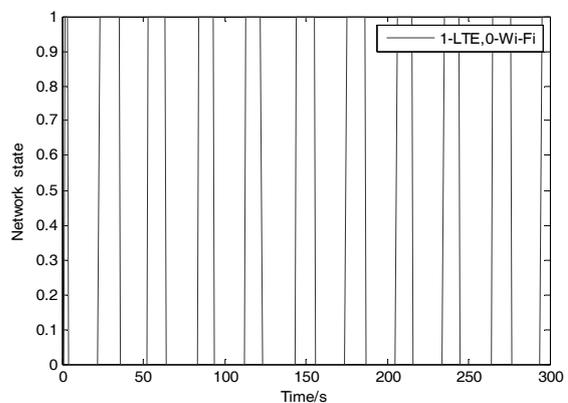


图 7 基于速度预测的异构网络切换时间

表3 基于速度预测的异构网络切换时间点

切换类型	切换时间点				
	LTE to Wi-Fi	38	Null	155	220
	Wi-Fi to LTE	26	51	147	210

通过与表2对比,在保证切换信号强度的情况下,新算法中有部分切换时间点比基于驻留时间算法的有一定提前.比如在基于驻留时间算法中,从Wi-Fi网络切换到LTE网络的时间为第28秒,而基于速度预测的算法在第26秒就提前切换,这是由于速度预测算法对下一时刻位置的信号强度提前预测,然后提前切换判决,这样可以保证移动终端尽快离开信号强度越来越弱的基站,连接到可靠的目标基站.

4 结论

本文利用速度预测对终端下一时刻的移动位置进行预测,将得到的预测位置用于计算下一时刻的预测信号强度.最后结合驻留时间算法,得到切换判决结果.仿真实验表明,在相同的仿真条件及可靠信号强度的前提下,与基于驻留时间算法比较,新垂直切换算法虽然增加了切换次数,但是总体上减少了切换延时,考虑到本算法的实际应用场景,提前切入信号更好的网络能够为用户带来更好的移动通信体验.

参考文献

- 1 Bianchi G. Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2006, 18(3): 535–547.
- 2 Ylianttila M, Pande M, Makela J, et al. Optimization scheme for mobile users performing vertical handoffs between IEEE 802.11 and GPRS/EDGE networks. *Global Telecommunications Conference*, 2001. IEEE. 2001, 6: 3439–3443.
- 3 Buddhikot M, Chandranmenon G, Han S, et al. Integration of 802.11 and third-generation wireless data networks. *Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications (INFOCOM 2003)*. IEEE Societies. IEEE. 2003, 1: 503–512.
- 4 刘敏,李忠诚,过晓冰,等.基于运动趋势的自适应垂直切换算法及其性能评价. *计算机学报*, 2008, (31): 112–119.
- 5 刘侠,蒋铃鸽,何晨.一种基于模糊逻辑的预判决辅助垂直切换算法. *电子学报*, 2007, 35(10): 1989–1993.
- 6 张月莹,王文博,龙航,等.面向用户体验的异构网络资源分配. *北京邮电大学学报*, 2012, (6): 116–120.
- 7 杨琼,邢松,夏玮玮,等.一种基于MAC层时延上限的VANET自适应分簇算法. *东南大学学报(自然科学版)*, 2016(1): 1–6.
- 8 石文孝,范绍帅,王桢,等.基于模糊神经网络的异构无线网络接入选择算法. *通信学报*, 2010, 31(9): 151–156.
- 9 范存群,王尚广,孙其博,等.车联网中基于贝叶斯决策的垂直切换方法研究. *通信学报*, 2013, (7): 34–41.
- 10 李懿,武建新.基于相关系数法的直线识别方法. *数字技术与应用*, 2016, (2): 102–102.
- 11 高军,戴华.矩阵相乘算法的改进. *绥化学院学报*, 2003, (3): 113–114.
- 12 柴蓉,肖敏,唐伦,等.异构网络垂直切换性能参数分析及算法研究. *重庆邮电大学学报(自然科学版)*, 2010, 22(1): 63–70.
- 13 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. *西南交通大学学报*, 2011, 46(1): 98–102.
- 14 尹新亮.基于车载嵌入式WiFi的AP间快速切换技术研究[硕士学位论文].广州:广东工业大学,2014.