

# 智能家居环境中居民位置预测方案的研究

刘志军<sup>1,2</sup>

(1.北京工业大学,北京 100124;2.河北机电职业技术学院,河北 邢台 054048)

**摘要:** 对智能家居系统软件框架和工作过程进行简要介绍,给出智能家居体系中物理层、通信层、信息层、决策层功能,并对 LeZi-update 算法应用于智能家居系统中的位置预测进行探讨,采用上下文感知和熵率检测方式对用户位置进行预测,用连通图方式仿真系统运行过程,用 trie 树结构仿真数据流及熵率检测过程。最后给出采用位置预测方案的系统节能效果。

**关键词:** 信息论;智能家居;位置预测;LeZi-update

中图分类号: TP181

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)23-0083-03

## Research on residents location prediction scheme in smart home environment

LIU Zhi Jun<sup>1,2</sup>

(1.Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2.The Mechanic and Electronic Technology Institute of Hebei, Xingtai 054048, China)

**Abstract:** In this paper, we give the outlined of the smart home system software framework and work process. Give the functions on physical layer, communication layer, information layer and decision layer in smart home system. And discussion on the LeZi-update algorithm is applied to the location prediction of smart home system of projections. Using context-aware and entropy rate based on user location forecasts. With a connected graph mode simulation system running processes. With a trie-tree structure simulation data flow and entropy rate detection process. Finally, we get energy saving of system of using the location prediction program.

**Key words:** information theory; smart home; location prediction; LeZi-update

### 1 智能家居软件体系架构

智能家居有时也称为智能环境,它通过传感器感知家庭的状态,并通过设备控制器作用于环境,目的是最大化居民的居住舒适度并最小化家庭运行成本,实现低碳节能运行。为取得这个目标,智能家居系统必须能够推理、学习、预测并适应居民的活动。以美国得克萨斯大学 MavHome 智能家居系统为例,其软件架构如图 1 所示,系统中各个智能体无缝连接,同时允许对任何支撑技术进行改进<sup>[1]</sup>。每个智能体分为四个协议层:决策层作出判定、决定动作;信息层负责收集信息并产生对决策层有用的推理;通信层负责智能体之间路由和共享信息;物理层控制相应环境硬件,如设备、变换器、网络设备等。软件组件模块以分布式进程间通信接口方式连接。

智能家居的感知是一个自底向上的过程,传感器监测环境变化,如有必要可将监测到的信息通过通信层传

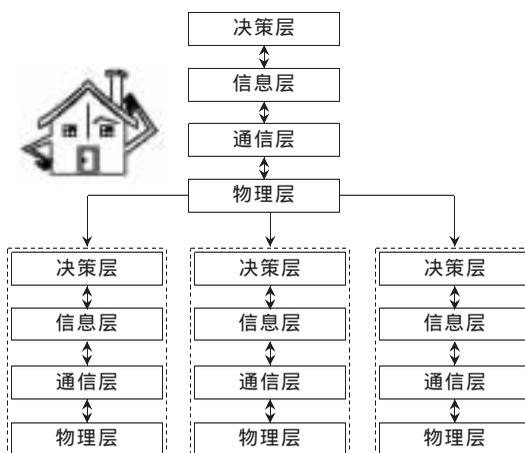


图 1 MavHome 智能家居系统软件构架

递给另一个智能体。数据库记录信息层中的记录信息,据此更新它知道的概念和预测,并告知决策层新数据的

存在。动作执行是信息流自顶向下的过程,决策层根据相关信息作出判定、选择动作,同时将决策与信息层相关。更新数据库后,通信层将动作信息传递给合适的效应器执行。如效应器为另一个智能体,则该智能体通过它的效应器将命令作为感知信息进行接收,并确定执行期望动作的最优方法。智能体通过专用接口可以与用户、机器人和外部资源交互。

## 2 智能家居系统中的位置预测方案

智能家居系统中必须依靠复杂工具进行智能信息构建,如学习、预测和作出自动化决策。其中学习和预测在确定家庭内居民下一动作和关键移动模式中处于重要地位。家居系统可以根据居民过去移动模式和以前观察到的居民与各种设备之间的交互动作,在居民/房屋当前状态的基础上作出预测。预测结果递交给一个决策判定算法,它为房屋选择动作以满足期望目标。预测方案建立在文本压缩、在线学习和信息论基础之上<sup>[2]</sup>。

智能家居系统是上下文感知的,即组合来自多个设备的输入,能够在没有显式手工输入的情况下推断出居民的意图或属性。位置是上下文的最常见范例之一,因此通过预测人们的位置准确地跟踪居民的移动,对于智能环境是至关重要的。在位置感知应用中,预测也有助于资源的优化分配和效应器的激活。这种方法是基于位置信息的符号表示,它不是以绝对项目指定的,而是相对于对应访问基础设施拓扑的,因此这种方法是通用的或与技术/模型无关的。在概念层次,预测涉及一定形式的统计推理,其中需要使用居民过去移动历史的一些样本,提供居民个体未来位置的智能估计,以便降低与这个预测相关联的位置不确定性。

假设居民的移动性具有重复模式,是能够学习到的,且假定居民的移动过程是随机的,可以证明如下结果:在系统和设备之间交换的消息以小于随机移动过程熵率的量最优地跟踪移动性是不可能的。具体而言,给定居民位置的所有过去所测数据,以及未来位置的最优可能预测器,除非设备和系统交换位置信息,否则在位置中将总是存在某种程度的不确定性。这个交换发生所采用的实际方法是与这个限制无关的,重要的是交换要超过移动过程的熵率<sup>[3]</sup>。因此,建立界限的一个关键问题是以一种适应性方式特征化移动过程。这就是在蜂窝移动通信网络中使用的一种称为 LeZi-update 的最优在线适应位置管理算法<sup>[4]</sup>,它是在信息论的框架基础上定义的,算法中并不假定节点的标准移动模型,而是学习节点移动历史,通过最小化熵而构建一个统一移动模型,并以高度的准确性预测未来位置。换句话说,LeZi-update 算法提供了一种与模型无关的解决方案,管理与节点移动相关的不确定性。这个框架通用性强,并可适用于其他上下文,如活动预测、资源提供、异常检测等。

《微型机与应用》2010年第29卷第23期

MavHome 智能家居的楼层平面图如图 2 所示,通过放置多个传感器将室内分成若干覆盖区。当系统需要联系居民时,将发起一个位置预测机制。为了控制位置不确定性,系统依赖于由传感器采集到的位置信息,它能帮助减少后续预测的搜索空间。如图 3 所示,楼层平面图可以表示为一个连通图  $G=(V,E)$ ,其中节点集合  $V=\{a,b,c,\dots\}$  由传感器来代表的分割区域,边集合  $E$  表示一对区域之间的邻居邻接关系。当从一个区移动到另一个区,居民沿一条路线穿过一组传感器。例如,在平面图中,从起居室运动到餐厅,可以表示为传感器集合  $\{l,d\}$ 。

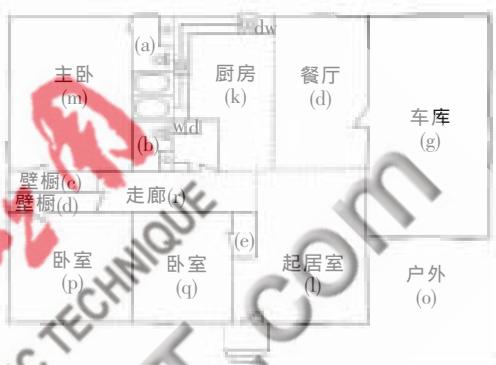


图 2 MavHome 智能家居的楼层平面图

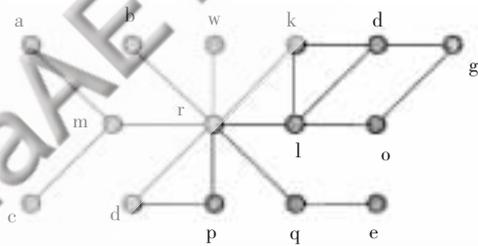


图 3 MavHome 智能家居的传感器布局连通图

LeZi-update 框架使用一个符号空间,将智能环境的监测区表示为一个字母符号,因此捕捉到的居民移动历史数据为一个字符串。虽然在得到精确位置坐标中地理位置数据是有用的,但符号信息去除了频繁转换坐标的负担,并能够在不同网络间取得通用性。符号表示也帮助人们层次化地将室内连通的基础设施抽象为不同粒度等级。这个形式化中的策略是,每个节点具有一些移动模式,这能够以在线方式学习到<sup>[5]</sup>。本质上说,假定节点路线是固有且可压缩的,并允许应用通用的数据压缩算法,但针对静态遍历的随机过程而言即是最小化源熵。

在 LeZi-update 中,符号(代表传感器的标示)以块方式处理,并保留符号的整个序列,直到最后以一种压缩编码形式报告更新。例如,令 ajllojhhaajllooaajll 为任意时刻居民的移动历史。这个字符串可作为不同子串进行分析,即 a, j, l, lo, o, jh, h, aa, jl, loo, ja, aj, ll, oo, jaa, jll 等。如图 4 所示,这样一个符号式的上下文模型,基于可变长度到固定长度的编码,能够高效地存储于一个 trie 树

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 93

实现的字典之中。本质上来说,居民的移动是作为编码器,而系统作为一个解码器。通过积累越来越大的上下文,从传统的位置更新切换到线路更新,人们可影响系统范例型。对于具有  $n$  个符号的静态各态遍历源,这个框架取得渐进最优效果。

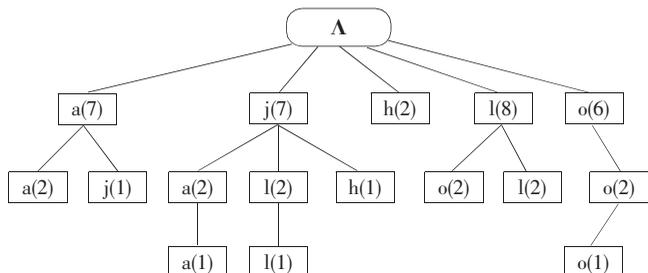


图4 移动符号 trie 树及频率

LeZi-update 机制的一个主要目标是通过系统寻找位置不确定的节点,就节点移动概要而言,是要为预测过程赋予充足的信息。在 trie 树中的每个节点保留有更新机制提供的在当前上下文中的相关频率。因此,假定  $jl$  是最新的更新消息,则有用的上下文是它的前缀,即  $jl$ 、 $j$  和  $\Lambda$ 。在这个上下文中带有频率的所有可预测路由见表 1,遵循部分匹配预测的混合技术,概率计算从 trie 树的叶子节点开始,离开走向较低层,直到到达根时才停止计算。依据不充分推测原理<sup>[6]</sup>,每个短语的概率依据它们在特定短语中的相对发生次数而分布于各符号之间。在这个上下文中累加从所有可能短语中出现的概率,并将这些概率求和,计算得到每个区的总驻留概率。以这个驻留概率的降序轮询各区,确定最优预测顺序。

表 1 短语及其在上下文  $jl$ 、 $j$  和  $\Lambda$  的频率

$jl$	$j$	$\Lambda$		
$ljl(1)$	$alj(1)$	$a(2)$	$aa(2)$	$aj(1)$
$\Lambda jl(1)$	$aalj(1)$	$j(2)$	$ja(2)$	$jaa(1)$
	$lj(1)$	$jl(1)$	$jh(1)$	$l(4)$
	$llj(1)$	$lo(1)$	$loo(1)$	$ll(2)$
	$hlj(1)$	$o(4)$	$oo(2)$	$h(2)$
	$\Lambda lj(2)$	$\Lambda(1)$		

总体而言,将信息论的方法应用到位置预测,这是为了维护准确位置信息而交换的最少信息得以量化,提供了特征化移动性的一种在线方法,另外赋予了一个最优预测序列<sup>[7]</sup>。通过学习过程,这种方法可用来构建一个较高阶移动模型,因此就不用假定一个有限模型,所以将熵最小化并产生最优性能。

虽然基本的 LeZi-update 算法仅用来从过去移动模式预测当前位置,但这种方法也可扩展到预测在智能家居中居民的可能未来路线,也可用于异构环境。路由预测利用信息论中的渐近均分性质,该性质断言,对一个

随机过程  $X$ ,具有熵  $H(X)$ ,以概率 1 观测到的长度为  $n$  的不同路径数为  $2^{nH(X)}$ 。换句话说,对于充分大的  $n$ ,概率变量的大部分仅集中于路线的一个小子集,它包括居民的最可能路线,并捕获呈现大长度序列的平均性质。据此,该算法成功地预测可能路径中的一个相对小的集合。之后,智能家居系统能够依据这个信息行动,方法是以一个最小的、高效的方式激活资源。实验表明,在一个典型的智能家居环境中,这里的预测框架能够节省的能量高达 70%。预测的准确性达到 86%<sup>[8]</sup>。

智能家居系统中关键的问题是对居民位置和居民动作进行预测,自动作出决策。高效预测算法提供如下几个方面的有用信息,即环境中设备和任务的未来位置和自动化活动、优化设计和控制方法,并识别异常。这些技术降低了维护一个家庭的工作负担,降低能量的消耗,并能给老年人和残疾人员带来特殊的益处<sup>[9]</sup>。在未来,这些能力将转化为一个混合环境族,如智能办公室、智能道路、智能汽车等,通过这些智能环境,用户可以在日常生活中感受到自动化的益处。

#### 参考文献

- [1] 王玲芳,费岗.移动无线传感器网-原理、应用和发展方向[M].北京:机械工业出版社,2010.
- [2] COVER T M, THOMAS. Elements of Information Theory. Wiley, 2002.
- [3] DAS S, COOK D J, BHATTACHARYA A, et al. The role of prediction algorithms in the MavHome smart home architecture. IEEE Wireless Communications, 2003.
- [4] ZIV J, LEMPEL A. Compression of individual sequences via variable rate coding. IEEE Trans. Inform. Theory, 24 (5):530-536.
- [5] 董印明,刘家恒,梅刚.智能小区的网络技术[J],煤炭技术,2004(23):21-22.
- [6] RISSANEN J, Stochastic Complexity in Statistical Inquiry. World Scientific Publishers, 1989.
- [7] DAS S K, ROSE C. Coping with uncertainty in wireless mobile networks. Proc. IEEE Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, Conf, Barcelona, Spain, 2004,9.
- [8] ROY A, DAS S K, BHAUMIK A. et al. Location aware resource management in smart homes, Proc.IEEE Int. Conf. Pervasive Computing and Communications, 2003: 481-488.
- [9] 戚振兴,浅议我国智能家居发展[J].广西轻工业,2009,10(10):63-64.

(收稿日期:2010-07-01)

#### 作者简介:

刘志军,男,1971年生,副教授,主要研究方向:嵌入式系统应用,系统优化。

《微型机与应用》2010年第29卷第23期