

基于不确定性推理的上下文感知数据处理模型

庄彦宇¹, 王汝传^{1,2}, 叶宁^{1,3}, 陈志¹

(1 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003;
2 南京大学 计算机软件新技术国家重点实验室, 江苏 南京 210093
3. 南京人口管理干部学院 信息科学系, 江苏 南京 210042)

[摘要] 以不确定性推理理论为基础, 建立一种上下文感知数据处理模型. 该模型以权值映射上下文实体的特征, 以权值变化来映射上下文实体的变化, 进而体现出被观察对象的状态变化. 实例分析表明, 基于不确定性推理的上下文感知数据处理模型能够满足特定的数据处理要求, 提高数据处理的适应性.

[关键词] 普适计算, 上下文感知, 不确定性推理, 数据处理

[中图分类号] TP 301.6 [文献标识码] A [文章编号] 1672-1292(2008)04-0046-04

A Data Processing Model for Context Awareness Based on an Uncertainty Reasoning

Zhuang Yanyu¹, Wang Ruchuan^{1,2}, Ye Ning^{1,3}, Chen Zhi¹

(1 College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

2 State Key Lab of Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing 210093, China

3 Department of Information Science, Nanjing College of Population Program Management, Nanjing 210042, China)

Abstract This paper presents a data processing model for context awareness based on uncertainty reasoning theory, which maps the features of context entities as weights and the changes of context entities as the weight changes, so as to reflect the state changes of the observed objects. A case study shows that the proposed model can satisfy the specific data processing requirements and improve adaptability of data processing.

Key words pervasive computing, context awareness, uncertainty reasoning, data processing

普适计算旨在建立一个充满感知、计算和通信能力的环境, 并使这个环境与人们的生活逐渐融合在一起^[1]. 上下文感知是达到这一目标的关键, 其任务是使普适计算设备根据用户状态因时因地因环境的不同而主动更新用户状态数据和环境信息, 并提供适合于当时任务、地点和时间的服务^[2]. 目前, 普适计算环境下的上下文感知难以精确描述所有问题和完全确定用户的确切意图, 而不确定性推理可以自然地与上下文感知数据处理结合起来, 并在上下文感知数据处理中发挥非常重要的作用, 达到及时有效地处理用户环境数据的目标^[3].

本文建立一种基于不确定性推理的上下文感知数据处理模型, 介绍了上下文感知数据处理相关的工作, 具体介绍了组成该模型的各个算法, 并给出了相关实例分析.

1 相关工作

上下文感知数据处理是根据上下文历史, 进行察觉上下文计算. Gui 等人提出了一种移动计算上下文感知体系结构^[4], 在该体系结构提出的基于神经网络的上下文感知数据处理模型中, 将被观察对象抽象后得到的数据称为上下文实体, 如用 C_i 代表上下文实体, W_i 代表上下文实体所对应的权值^[4], 通过权值来量

收稿日期: 2008-06-18

基金项目: 国家自然科学基金(60573141和 60773041)、国家“863”计划(2006AA01Z201, 2006AA01Z219, 2007AA01Z404和 2007AA01Z478)和江苏省高技术研究计划(BG2006001)资助项目.

通讯联系人: 王汝传, 教授, 博士生导师, 研究方向: 计算机软件、计算机网络和网络及信息安全等. E-mail: wangr@njpt.edu.cn

化上下文实体, 同时以时间为横坐标, 在各个不同的时间点上产生了不同的数据组, 并构成了某个时间点上的数据, 称之为虚结构^[4]. 因此, 以时间顺序安排的子结构, 在达到一定的密度的情况下, 可以较为准确地反映客观. 总结构是按时间顺序距离当前时间最近的 N 个虚结构的动态平均, 能够很好地反映被观察对象当前的状态. 这样的平均就反映在对权值的平均上, 定义总结构中的权值的计算^[4]:

$$W_j = \frac{1}{N} \sum_{f=1}^N W_{jf} \quad (1)$$

式中, f 取值范围为 $1 \sim N$, 代表不同时间点上所抽象出的虚结构的编号; j 代表权值所对应上下文实体的编号^[4].

上述数据处理模型是在移动终端和网络进行交互这样的一个框架上建立的, 因而在后续对数据进行操作中更适应上述框架的特性. 在此基础上, 本文对数据处理模型作出一定的扩充和改进, 使模型更加普遍地适应上下文感知环境, 并拓宽了模型在实际系统中的应用广度.

2 基于不确定推理的上下文感知数据处理

不同的实际系统, 属性各有不同, 基于不确定推理的上下文感知数据处理模型通过改变参数和关键值来适应它们. 其中关键值的选择直接影响到总结构的状态. 总结构是按时间顺序距离当前时间最近的 N 个虚结构的动态平均, 能够很好地反映对象当前状态.

2.1 虚结构的存储形式

单个的虚结构并不能完全代表被观察对象的特性, 只有大量虚结构的总体才能较为全面地反应被观察对象, 所以对虚结构从逻辑上进行统一的管理. 首先定义一个长度为 L 的逻辑空间, 作为容器来存放虚结构. 单个虚结构并不是定长的, 但是总体上应该在一定的长度区间内分布较为密集. 每次需要计算总结构时, 都以时间为横坐标, 按时间先后顺序, 取 N 个距离当前时间最近的虚结构, 计算它们的动态平均, 并沿用式 (1) 求出总结构中的具体值, 并对这个容器中所存放的虚结构进行计数, 这里设该值为 M .

2.2 关键值选择算法

在基于不确定推理的上下文感知数据处理模型中, N 的取值决定了总结构中各个组的具体值. 算法定义两个门限值 e_1 、 e_2 并且有: $0 \leq e_2 \leq e_1 \leq 1$ N 的取值分为两种情况:

(1) 有新的虚结构输入时, 且该虚结构中没有出现新的上下文实体, 即在该虚结构中出现的每一个上下文实体在前一个时间点上 N_{previous} 个虚结构中都出现过, N_{previous} 为上一个时间点 N 的取值, 则本时间点计算总结构中 N 取值为^[4]:

$$N = N_{\text{previous}} + 1; \quad (2)$$

(2) 虚结构中出现了新的上下文实体, 即该上下文实体在前一个时间点上 N_{previous} 个虚结构中没有出现过, 则分两种情况进行讨论:

$$\frac{W_r}{\sum W} \geq \frac{1}{2} \text{ 时, } N = \max \left\{ \lceil e_1 * M \rceil, \lceil (N_{\text{previous}} + 1) * \frac{K_p}{K_p + K_n} \rceil \right\}, \quad (3)$$

$$\frac{W_n}{\sum W} \geq \frac{1}{2} \text{ 时, } N = \min \left\{ \lceil e_2 * M \rceil, \lceil (N_{\text{previous}} + 1) * \frac{K_n}{K_p + K_n} \rceil \right\}, \quad (4)$$

式中, W_r 为新输入的虚结构中曾出现过的上下文实体的权值之和; W_n 为新输入的虚结构中未出现过的上下文实体权值之和; $\sum W$ 为新输入的虚结构中所有上下文实体权值之和; K_p 为新输入的虚结构中出現过的上下文实体种类的数目; K_n 为新输入的虚结构中未出现过的上下文实体种类的数目. M 的取值为新的虚结构加入容器后虚结构的总数.

门限值 e_1 、 e_2 的设立与具体的系统有关, 如实际系统是渐变的, 或者说变化是缓慢的, 那么 e_1 的取值较大; 如果实际系统变化是较快的, 较为剧烈的, 那么 e_2 的取值则较小.

2.3 虚结构淘汰算法

由于算法所定义的容器是定长的, 所以当容器中的所剩空间不够插入新的虚结构时, 就必须从容器中淘汰出一个或几个虚结构. 定义以下 3 种需要淘汰虚结构的情况:

(1) 设 $D_i = K_{cr} + K_{ci}$, 其中 i 为虚结构号; K_{cr} 为仅在当前选中虚结构中不存在, 而在第 i 号虚结构中存在的上下文实体种类的数目; K_{ci} 为仅在第 i 号虚结构中不存在, 而在当前选定的 N 个虚结构中存在的上下文实体种类的数目. 显然 D_i 越大, 则第 i 号虚结构和当前用户的状态的差异就越大, 所以淘汰容器中 D_i 值最大的虚结构. 如果有两个或多个虚结构的 D_i 值是相等, 则淘汰时间最早的那个虚结构. 如果淘汰一个虚结构后仍不够插入新的虚结构, 则用同样的方法再次淘汰, 直到足够插入新的虚结构为止.

(2) 如果在容器中存在两个结构完全相同的虚结构时, 分情况处理: ①当两个虚结构都在当前选中的 N 个虚结构中, 不作任何操作; ②当只有一个虚结构在当前选中的 N 个虚结构中, 则立即淘汰未被选中的那个虚结构; ③当两个都未被选中时, 则删除时间早的那个虚结构. 遇见多个结构完全相同的虚结构时, 照此逻辑类推.

(3) 设立一个门限值 T , 设虚结构 i 在时间 t_i 内没有被包括在 N 个选中的虚结构中, 当 $t_i \geq T$ 时, 那么该虚结构需要被淘汰出容器中. 这样做是为了不让长期闲置的虚结构白白占用存储空间, 浪费有限的存储资源, 从而提高容器的利用率. 同样, 这里的门限值 T 也是要根据被观察系统的实际情况不同而取不同的值的, 与系统的变化速度有关, 系统变化缓慢时, T 取值应适当大一些; 系统变化剧烈时, T 取值则应适当小一些.

2.4 权值更新算法

虚结构中上下文实体的权值是对该上下文实体的综合考量和上下文感知中的关键数据, 这里定义虚结构中上下文实体的权值为:

$$W_i = \alpha F_i(N) + \beta V_i \tag{5}$$

式中, α, β 为系数, 随被观察系统的不同而不同; V_i 和 $F_i(N)$ 为上下文实体 C_i 的值和插入新的虚结构后被选中的 N 个虚结构中的出现次数. 每次插入新的虚结构时, 基于不确定推理的上下文感知数据处理模型都需要根据式 (5) 对容器中所有涉及的上下文实体进行权值的更新, 并在更新后求出总结构中的平均权值.

3 实例分析

基于不确定性推理的上下文感知数据处理是运用一系列不确定的知识来实现对已知数据的推理, 这种推理实际上是经验性的, 也就是对前面的事实作一个动态的平均, 再运用这种动态的平均对未知的结果进行推理. 假设存在一个实例系统, 如图 1 所示.

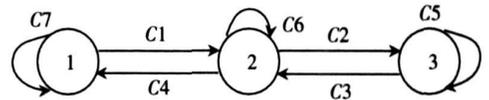


图 1 实例系统
Fig.1 The example of the system

实例中存在 3 种状态 1, 2, 3 以及 7 种变化 $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ 和 C_7 . 给出这 7 种变化的值分别为: 1, 3, 3, 1, 2, 2, 2. 假设上述系统中 $e_1 = 0.75, e_2 = 0.25, \alpha = \beta = 1$. 在顺序的 5 个时间点上观察到这样的结果: (1) C_1, C_6, C_2 ; (2) C_5 ; (3) C_5 ; (4) C_3, C_6 ; (5) C_6, C_5 . 运用本文的上下文感知数据处理模型所定义的推理规则后的运算结果如表 1 所示. 表中的数据为总结构中的

表 1 总结构权值表

Table 1 The weight of the integrate frame

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
1)输入	2	4	0	0	0	3	0
2)输入	0	0	0	0	3	0	0
3)输入	0	0	0	0	2	0	0
4)输入	0	0	2	0	1.5	1.5	0
5)输入	0	0	2	0	2	2	0

的各项权值. 最后的动态平均中 C_3, C_5, C_6 始终是在状态 2, 3 之间的变化.

在上述的实例中, 数据处理模型能够达到对上下文感知数据的处理要求, 并由处理所得数据能推导出相关联的结论. 同样对于其他实例系统, 只要对门限系数进行相应的改变也可以达到共同的数据处理目标. 可见, 本文所提出的模型具有较强的适应性.

4 结语

本文将不确定推理与上下文感知数据处理相结合来解决普适计算中数据处理的一些问题, 建立一种基于不确定性推理的上下文感知数据处理模型. 该模型能够满足实时处理上下文感知数据的要求. 无论是变化剧烈的实际系统还是变化缓慢的实际系统, 基于不确定性推理的上下文感知数据处理模型只需要通过改变门限系数值便能适应这些系统, 门限系数的变更体现出了模型的广泛适应性. 实例分析表明, 本文

提出的数据处理模型能够满足普适计算环境下上下文感知数据处理的要求, 并且具有较好的适应能力.

[参考文献] (References)

- [1] Hopper Andy, Harter Andy, Blackie Tom. Active badge system [C] // Proceeding of the Conference on Human Factors in Computing Systems-INTERACT' 93 and CHI' 93. New York, USA: ACM, 1993 533-534.
- [2] 徐光祐, 史元春, 谢伟凯. 普适计算 [J]. 计算机学报, 2003, 26(9): 1 042-1 050.
Xu Guangyou, Shi Yuanchun, Xie Weikai. Pervasive/ubiquitous computing [J]. Chinese Journal of Computers, 2003, 26 (9): 1 042-1 050 (in Chinese)
- [3] Tuong Binh An, Lee Youngkoo, Lee Sungyoung. Modeling uncertainty in context-aware computing [C] // Proceedings of the 4th Annual AACS International Conference on Computer and Information Science. Jeju Island: IEEE Computer Society, 2005 676-681.
- [4] Gui Feng, Zong Nuannuan, Adjouadi Malek. Artificial intelligence approach of context-awareness architecture for mobile computing [C] // Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. Jinan: IEEE Computer Society, 2006 527-533.

[责任编辑: 严海琳]