

基于 Petri 网的情境感知系统建模与仿真 *

包 杰, 卢 涛

(大连理工大学 管理与经济学部, 辽宁 大连 116024)

摘 要: 情境感知系统对情境信息的利用程度在不断提高,对服务的多样性提出了更高要求,但是传统的情境感知系统的建模方法难以满足对系统动态描述和模拟的需求。通过对传统的 Petri 网进行扩展,提出了情境感知系统的赋时着色 Petri 网模型;并结合仿真工具 CPN Tools 对模型进行模拟和验证,进而发现系统设计中存在的潜在不足,对其优化改进。以痴呆老人智能辅助系统为例,证明了该方法的有效性。

关键词: 普适计算; 情境感知; Petri 网

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 1001-3695(2012)02-0621-05

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.02.058

Context-aware system modeling and simulation based on Petri net

BAO Jie, LU Tao

(Faculty of Management & Economics, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116024, China)

Abstract: The context-aware system has a highly demand in the context information utilization and the service diversity, but traditional methodologies are incapable of modeling and simulating the context-aware applications in a dynamic environment. This paper proposed a context-aware timed color Petri net by extending the traditional Petri net and took the CPN Tools as the simulation tool to verify and simulate the model, in order to find out the shortage of the context-aware system designed and improved it. The described methodology had been successfully proved by the case of smart assisting system for dementia.

Key words: pervasive computing; context-aware; Petri net

0 引言

随着计算机和通信技术的发展,传统的计算模式在发生着变化,1991 年 Weiser 首先提出普适计算的概念之后,普适计算作为一种新型的计算模式已成为未来技术和应用发展的主要方向之一^[1]。情境感知(context-aware)是普适计算中的一项关键技术,而情境感知系统旨在利用情境信息,智能判断用户行为及目的,并主动提供相关信息和服务,人性化调整人与情境交互的方式和内容^[2]。随着传感器、无线通信网技术的普及与发展,随时随地地获得情境的信息已成为可能。目前一些主要大学和公司也相继开展了基于情境感知技术的各种普适计算研究项目,如 MIT 的 Oxygen 计划^[3]、Stanford 的 Interactive Workspace 项目^[4]、Microsoft 的 EasyLiving^[5] 项目以及国内清华大学的 SmartClassroom^[6] 等。

目前大多数的情境感知应用系统都能较好地完成某一特定的服务,这些服务是直接由传感器驱动触发,在早期当可以获得的情境信息有限时,这种设计方法是实际且有效的,但是当越来越多的情境信息可以被服务所获得时,系统提供的服务变得多样化,情境感知下系统的行为也变得更加复杂,对情境感知系统的逻辑设计也就上升到了新的高度^[7]。一个好的系统逻辑设计方法应该是对开发实现起到完全支持的作用,最大程度地减轻开发人员的负担和减少可能出现的错误。这就要

求情境感知系统的设计能够比较准确地描述系统的行为和特性,通过模拟系统的运行发现系统设计中存在的不足,进而有助于优化和改进系统的设计,将错误发现于开发之前。长期以来,人们一直在探索利用仿真技术来解决各类系统的各种问题。这些系统或者是生产系统,或者是制造系统,或者是面向模型,或者面向算法进行研究。在普适计算的背景下对情境感知系统服务过程进行仿真的研究尚不多见。因此,在普适计算下,构建系统模型,通过仿真方法来模拟情境感知系统的运行过程,发现系统设计中存在的不足并进行分析和改进,对提高情境感知系统的设计水平具有重要意义。

Petri 网技术是动态系统建模的重要技术,但是经典的 Petri 网很难表达情境感知环境下的服务过程与情境之间的关系。为此,本文提出了一种基于时间着色 Petri 网^[8]的情境感知服务模型,并对其运行的特性加以限制,使之能满足情境感知下的环境的动态变化和服务的自适应性要求,并在此基础上,提出了系统设计的一致性检验方法。同时,结合 Petri 网的仿真模拟技术,对设计好的情境感知模型进行模拟运行和验证,为优化和改进系统的设计提供了有效的方法和工具。

1 情境感知系统建模方法及 Petri 网综述

在早期情境感知应用系统的研究中,情境感知系统的描述

收稿日期: 2011-08-19; 修回日期: 2011-09-19 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70771017)

作者简介: 包杰(1987-),男,硕士研究生,主要研究方向为情境感知、服务建模与仿真(baojie@mail.dlut.edu.cn);卢涛(1967-),女,副教授,主要研究方向为普适计算、情境感知、系统建模。

主要由基于规则的方法为主导,其中以 Schilit 等人^[9]提出的 if-then 规则的形式为代表。他们主要的研究对象是移动环境下的推荐系统的自适应设计,if-then 规则的描述形式无论从描述的能力,还是描述的形式都很好地满足了该推荐系统的描述,加上 if-then 规则的形式与开发编程语言有许多相似之处,方便进一步的系统开发设计,所以早期的情境感知系统的研究中大多采用了这种描述方式。但是随着情境感知技术的发展,越来越多的情境信息可以被获取,越来越多的服务被加入到系统中,if-then 规则的许多缺点也显露出来,描述能力较有限,当服务增多时,规则变得繁琐,同时也不能满足移动环境下的动态自适应性,但是 if-then 规则为以后的研究者提供了很好的思路。Beer 等人^[10]在该思想的基础上提出了使用 ECA 规则的描述方法。ECA 规则最初应用于数据库共享领域,目的是为主动数据库系统提供事件驱动能力的快速反应^[11,12]。因为 ECA 方法对反应行为描述的简洁、清晰特征,所以被很多应用领域采用并被认为是执行分布式协调的最高效的协调方法之一。Beer 等人将 ECA 规则用于对情境感知系统的描述,很好地满足了普适计算环境下的应用系统的服务多是由传感器或事件触发的特征;此外 ECA 规则的动态灵活性大大简化了规则的数量,也较好地满足了情境感知系统的动态性。但是当系统较复杂,规则数量增多时,如何解决 ECA 规则中存在的不一致和冲突则成为了 ECA 研究急需解决的一个重要问题^[10]。随着 Web service 技术和本体 (ontology) 概念的提出,国内外许多学者提出了基于 OWL-S 的情境感知系统的服务设计^[13,14]。OWL-S 对情境感知系统服务具有很好的语义描述,同时经过 OWL-S 描述的服务逻辑可以跨平台共享,这是基于本体的描述方法的一个最重要的优点。该方法适用于静态刻画情境感知系统的逻辑行为,当系统在动态运行时,OWL-S 方法就不能很好地满足这种灵活性的要求。

Petri 网最早由 Petri 博士提出,早期主要用于描述计算机协议。Petri 网具有较严格的数学基础和较强的离散事件动态系统的描述能力,在性能评估方面具有比较显著的优点。作为图形工具,Petri 网可以作为交流的工具用图形模拟描述现实系统,也可以作为数学工具建立系统的状态方程、代数方程和其他数学模型。正是由于这些优点,使得 Petri 网被广泛用于各类生产制造系统的建模和仿真研究中。在实际应用中,经典的 Petri 网已经不能满足应用的需求,许多学者对 Petri 网进行了扩展研究。Jensen^[15]将颜色集的概念引入到了 Petri 网中,提出了着色 Petri 网 (CPN) 的概念。CPN 在描述能力上与基本 Petri 网是相等的,但是在形式和问题的表达上却大大简化了。CPN 的并行和同步机制适用于并行模型的仿真和分析,它不仅可以利用库所、变迁和弧的连接表示系统的静态结构,而且可以通过变迁的触发和令牌的移动描述系统的动态行为;同时 CPN 具有成熟的图形化建模和分析工具,便于模型的表达和仿真数据的记录分析。许多生产系统,尤其是车间的生产制造都需要考虑时间约束,所以把时间要素加入到传统 Petri 网中也就产生了后来的赋时 Petri 网 (TPN) 和赋时着色 Petri 网 (TCPN)^[8]。

由于在普适计算环境下,系统处于动态变化的运行环境,同时系统所处的情景是不断变化的,通过 Petri 网来刻画模拟

系统的运行将是一个非常有力的工具。但现有的 Petri 网用于情境感知的系统描述中,仍然有许多问题需要解决,比如设计好的 Petri 网如何避免同一情境下服务反复被触发;模型中如何反映情境之间的关系,如包含、互斥等;如何解决系统的不同服务对应的 Petri 网之间存在的非一致性等问题。由于使用经典的 Petri 网很难解决上述这些问题,为此,需要对经典的 Petri 网进行扩充,并加以限制,使之能够支持情境感知下的系统建模。

2 基于赋时着色 Petri 网的情境感知系统模型

2.1 模型定义

为了更好地符合情境感知环境下的服务要求,本文采用赋时着色 Petri 网对情境感知系统建模。模型具体定义如下:

定义 1 基于时间着色 Petri 网的情境感知系统模型 CSPN = (P,T,F;C,D),各符号含义如下:

- $P = \{p_1, \dots, p_n\}$ 是库所的有限集合。
- $T = \{t_1, \dots, t_m\}$ 是变迁的有限集合。
- F 为有向弧的有限集合, $F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ 。
- C 为与库所和变迁关联的颜色集,具体可分为:
 - 库所 p_i 的颜色集 $C(p_i) : p_i \rightarrow context_i$, 即库所的颜色集将该库所映射到某个具体的情境中;

变迁 t_j 的色彩集合 $C(t_j) : t_j \rightarrow (service_j \cup event_j)$, 即变迁的颜色集将该变迁映射到某个具体的服务或事件中。

D 为所有变迁的时延集合,每个变迁都被赋予一个时间间隔 $D(t_j) = [d_{j,1}, d_{j,2}]$, 其中 $d_{j,1} (0 < d_{j,1})$ 指的是变迁 t_j 触发至少要等待的时间,时间点经过 $d_{j,1}$ 变迁方可触发; $d_{j,2} (0 \leq d_{j,2} \leq \infty)$ 指的是变迁 t_j 可以触发的最后时间点,时间经过该点后,变迁将不再触发。如果 $d_{j,1} = d_{j,2}$, 则给予每个变迁一个具体的时间值,如果模型中没有对变迁给出具体的触发时间间隔,则默认变迁的触发时间间隔为 $d_{j,1} = d_{j,2} = 0$ 。

若用圆圈表示库所,用矩形表示变迁,用有向弧表示库所与变迁的有序偶,将库所与变迁的相关颜色信息标注在各对应元素附近,就得到了一个简单的 CSPN 模型,如图 1 所示。

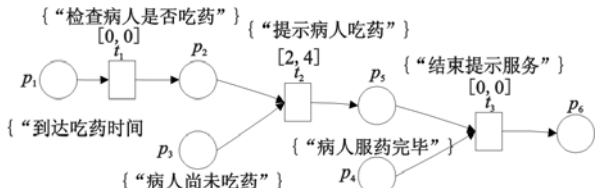


图1 简单的CSPN模型

- 1) 库所和变迁的前集和后集定义如下:
 - $\forall x \in P \cup T, \bullet x = \{y \mid (y, x) \in F\};$
 - $\forall x \in P \cup T, x \bullet = \{y \mid (x, y) \in F\}.$
- 2) 考虑到情境感知服务下的应用, $CSPN = (P, T, F; C, D)$ 需要作如下的规定:
 - 规定 1 对于任意的 $p \in P$, 如果 $C(p)$ 代表的情境是一个中间情境,所谓中间情境指的是由变迁触发得到的情境,如图 1 中的 p_2, p_5, p_6 , 那么模型需要满足: $I^-(p) = 1$; 反之 $I^-(p) = 0$, 其中 $I^-(p)$ 表示库所 p 的入度。
 - 规定 2 对于任意的 $t \in T$, 由 t 触发得到的中间情境应该

是唯一的,即需要满足 $O^+(t) = 1$,其中 $O^+(t)$ 表示变迁 t 的出度。

规定 3 为了解决由于变迁的触发所带来的死锁,模型中可能会出现代表两个相同情境的库所,如图 2(a) 所示。当变迁 t_1 触发后, p_1 中的托肯将被转移走,从而使得 t_2 无法触发。为了避免发生这样的死锁,在模型中复制一个代表相同情境的库所 p_1' ,使其满足: $C(p_1') = C(p_1)$,从而使得上述的死锁不会出现,如图 2(b) 所示。

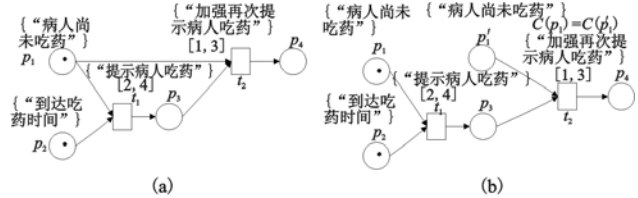


图2 复制情境解决模型中出现的死锁

规定 4 情境感知下的 Petri 网是没有循环分支的。

定义 2 给定模型 $CSPN = (P, T, F; C, D)$, 为了表示网络的状态, 给定标志 (M, δ) 。其中: $M: P \rightarrow \{0, 1\}$, M 对库所中的托肯进行标志, $M(p) = 1$ 意味着库所 p 所代表的情境为真, 反之为假。考虑到在情境感知系统中, 相同的情境可能再次出现, 为了防止模型中出现反复调用的情况, 比如提示吃过药后, 出现反复提示的情况, 本文引入变量 δ 用来标志库所发生的次数, $\delta: P \rightarrow \{0, 1\}$ 。对于给定的 CSPN, 本文定义其初始状态为 (M_0, δ_0) , 且所有库所 p 需满足: $M_0(p) = 0, \delta_0(p) = 0$ 。

定义 3 给定模型 $CSPN = (P, T, F; C, D)$, 对于某一状态 (M, δ) , 当且仅当任意的 $p \in \bullet t$ 满足 $M(p) = 1$ 且 $\delta(p) = 0$ 时, 称变迁 t 使能, 变迁 t 在其时延间隔 $[d_1, d_2]$ 之间能够触发, 触发后系统状态变为 (M', δ') , 时间超过 d_2 后, 变迁 t 将不再触发。触发时托肯转移规则为:

- a) 如果 $p \in \bullet t$, 则 $M'(p) = 1$;
- b) 如果 $p \in \bullet t$, 则 $\delta'(p) = 1$, 否则 $\delta'(p) = \delta(p)$;
- c) 如果 $p \in \bullet t$ 且 $C(p)$ 是中间情境, 则 $M'(p) = 0$ 。

2.2 情境感知系统模型的性质研究

考虑到在情境感知系统中, 由于情境的触发带有不确定性, 在某一时刻可能同时触发了几个不同的服务, 而这些服务之间存在着相互的制约性, 比如服务 A、B、C 同时满足了触发条件, 但是此时由于资源或其他条件的约束只能触发其中一个服务。定义 4 给出这种约束关系的定义。为了描述这样的制约关系, 本文给出了两种方法: 如果相互制约的两个服务之间存在着相同的情境, 则通过该情境就可以描述这种制约关系, 如图 3(a) 所示; 如果两个服务之间没有相同情境, 为了描述这样的约束关系, 本文定义了一类特殊的情境库所, 称永真库所 p_{true} , 即 $M(p_{true}) = 1$, 利用永真库所来实现这种制约关系, 如图 3(b) 所示。

定义 4 给定模型 $CSPN = (P, T, F; C, D)$, $t_1, t_2 \in T$ 当且仅当 $\bullet t_1 \cap \bullet t_2 \neq \varnothing$ 时, 称变迁 t_1, t_2 是相互排斥的。

当构建出情境感知系统所需的初始逻辑模型后, 由于初始设计的模型可能在逻辑的描述中存在不一致和不准确的地方, 为此, 本文定义 $G_p(\bullet t) = \{C(p) \mid p \in \bullet t\}$, $G_p(\bullet t)$ 代表 $\bullet t$ 所表示的所有的情境的集合。

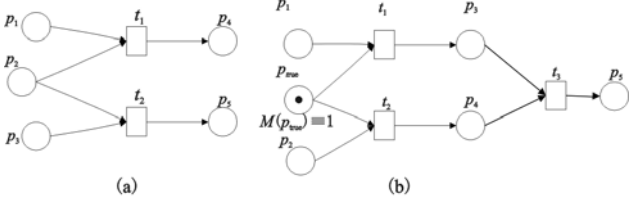


图3 有约束关系的情境的表达方式

经过分析, 本文给出如下的模型一致性检测规则:

规则 1 如果 $\bigwedge_{p \in \bullet t_1} C(p) \rightarrow \bigwedge_{p \in \bullet t_2} C(p)$, 则 $C(t_1), C(t_2)$ 所表示的服务应该是彼此兼容一致的, 其中 $\bigwedge_{p \in \bullet t_1} C(p) \rightarrow \bigwedge_{p \in \bullet t_2} C(p)$ 指的是当 $\bullet t_1$ 的情境均为真时, $\bullet t_2$ 的情境必然为真。比如 $\bigwedge_{p \in \bullet t_1} C(p)$ 表示“温度大于 25℃ 时”, 而 $\bigwedge_{p \in \bullet t_2} C(p)$ 表示“温度大于 20℃ 时”, 显然前者情境为真时, 后者情境必然为真。

规则 2 如果 $G_p(\bullet t_1) \supset G_p(\bullet t_2)$ 且 $C(t_1) = C(t_2)$, 则说明模型中存在冗余的情境, 模型的表示不够准确, 需要对模型进行精简, 去除冗余库所。

3 基于 CPN Tools 的情境感知系统仿真

通过第 2 章的模型, 很容易对某个情境感知的应用系统进行建模, 得到其系统行为的逻辑模型。为了验证模型的动态特性, 发现模型设计中可能存在的合理环节, 本文提出利用仿真软件对模型进行进一步的模拟运行, 发现问题, 优化改进系统设计。

3.1 系统仿真平台

CPN Tools^[16] 最早是由丹麦 Aarhus 大学开发的一款现今最成熟的 CPN 建模与仿真工具, 支持功能强大的元语言 (ML), 扩展性比较强。它具有易于建模、仿真、分析的特点, 并集成了较为强大的模型检验功能, 如状态空间工具等。并可以对 workflow、计算机网络协议、资源分配等问题进行模拟研究; 通过状态空间的方法来验证网络的各种性质, 如活性、有界性等, 并且可以给出相应的仿真分析报告。CPN Tools 有着很直观的用户交互界面, 有着许多小的工具面板, 非常人性化, 并且对 Petri 网有着非常直观的表达力。同时 CPN Tools 对于非商业用途的使用提供完全免费的授权。

3.2 情境感知系统的仿真设计

本文采用 CPN Tools 对构建的情境感知模型进行模拟仿真研究。考虑到情境感知下的系统的特殊性, 在仿真时针对如下几个问题, 结合 CPN Tools 进行了特别设计:

- a) 由于情境感知下的系统运行是由传感器或者事件驱动触发的, 与 workflow 系统的 Petri 网模型不同, 情境感知下的系统行为是由一些独立的情景片段构成, 所以得到的 Petri 网模型是一些独立的结构, 没有循环等分支, 一个片段完成后, 如何自动实现触发下一个片段。本文结合 CPN Tools 工具中的时间戳 (time stamp) 的概念, 通过给相应的库所指定某个时间戳, 从而可以实现模拟情景的自动触发的特性。
- b) 设计好的 Petri 网每一个初始状态都对现实世界中每一次的情景输入, 因为情景的发生带有不确定性, 所以为了能够实现模拟系统这种不确定的运行行为, 本文考虑将库所中托肯的获得设计为随机函数, 即用 p_1 . Scenario_Rand() 来表示库所 p_1

中的托肯值。

c) 系统逻辑的 Petri 网中,在 CPN Tools 上实现时将相同类型的库所用同一个色彩标志,变迁中如果属于一类功能的用同一种颜色标记,在后期系统进行开发时方便开发人员直接将相同颜色的归为同一功能模块进行开发设计。

4 案例研究

人口的老龄化使得老年痴呆症的病发率逐年增加,这给家庭生活带来了较大的看护负担。照顾者长时间的看护会使得其身心疲惫,再加上看护者缺乏一定的护理指导和培训,这些都使得当前痴呆老人看护的质量较低^[17]。普适计算、情境感知的兴起给传统的计算模式带来了革新,本文结合情境感知技术,提出了为早期的痴呆老人构建一个智能的辅助系统^[18,19],指导老人的日常生活行为,希望能够在一定程度上减轻照顾者的看护压力,提高痴呆老人的生活质量。本文案例中设计的场景如下:

John 患有早期的轻度老年痴呆症,容易忘记一些事情,需要系统对其辅助提示。比如当到了预设的吃药时间,系统进行检测,如果 John 并未自己去吃药,系统则自动提示他去取药。如果 John 并未按提示去取药,则系统应该加强提示的级别和程度。如果到吃药时间时,正好他的亲戚打来电话跟他聊天,考虑到不应该打扰病人的通话,因为这样的通话能让患者愉悦并且有助于记忆的恢复,所以系统并不提示 John 去吃药,当通话完毕后再进行提示;但是如果通话时间过长,比如违反了医生嘱咐的要在饭后一小时内吃药的要求,此时考虑到 John 的身体健康,系统应该主动提示 John 结束通话,去拿药。John 正走向药箱去取药,但此时系统通过药瓶感知到 John 取错了药或者取的药量不对,则系统应该快速主动发出提示让他将药放回并重新拿药。如果 John 并未将药放回,而是直接离开药箱,则系统应该再次提示,并加强提示的级别。John 吃完午饭后,系统检测到 John 在卧室准备午休,此时系统主动开启卧室的睡眠模式,隔离噪声。John 比较喜欢体育,如果他定制了体育新闻的手机报,到了定制时间系统会自动将信息发送到病人的手机上。

按照本文提出的 Petri 网模型,可以得到该系统的模型结构,在 CPN Tools 中表示为图 4。系统中所涉及的库所、变迁以及相应的颜色集均列举在表 1 中。此外,考虑到尽可能让老人自己主动记起事情,减少提醒,模型中人为地给变迁加上了延迟时间,使得提示不是立刻触发;有些情况,延迟的时间也可能是一个函数,比如图 4 中的 t_4 ($@ + phone_time$),此时的提示应该待结束通话后才能发出,延迟时间是不确定的。

本文利用 CPN Tools 对图 4 所示的模型进行仿真模拟,通过库所随机产生的不同的托肯分布,对应了不同的网络初始状态,即实际中所有可能发生的情景。经过输入这些不同的情景进行模拟,可以对所建立的模型进行结构分析,得到标准的状态报告,从而看出是否存在死锁;同时也可以通过仿真的分析报告,看出在仿真过程中系统行为的触发过程,通过人工分析,发现设计中不合理的环节。CPN Tools 得出的仿真分析报告有许多部分,限于篇幅原因,这里只分析其中重要的几种:活

性、有界性以及系统行为特性。

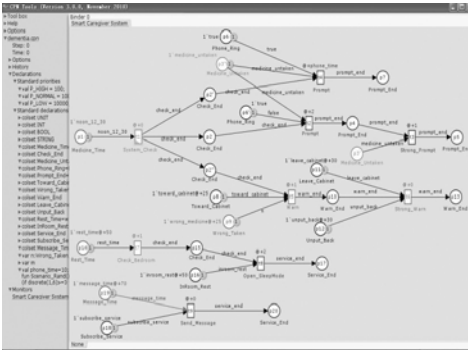


图4 案例中的模型在CPN Tools上的实现

表 1 系统设计中所涉及的库所、变迁和相应的颜色集

库所/变迁	$C(p) / C(t)$	库所/变迁	$C(p) / C(t)$
p_1	吃药时间到	p_{16}	老人在卧室休息
$p_2 = p_2' = p_2''$	系统吃药检测完毕	$p_{17} = p_{20}$	系统服务完毕
$p_3 = p_3' = p_3''$	老人未去取药	p_{18}	老人订阅了手机报
$p_4 = p_5 = p_7$	系统吃药提示完毕	p_{19}	手机报发送时间到
p_6	电话响起	t_1	系统进行吃药检测
p_8	老人走向药箱	$t_2 = t_4$	系统发出吃药提示
p_9	老人取错药物	t_3	系统加强吃药提示
$p_{10} = p_{13}$	系统警告完毕	t_5	系统警告其取错药
p_{11}	老人离开药箱	t_6	系统加强警告
p_{12}	老人并未将药放回	t_7	系统检测卧室
p_{14}	午休时间到	t_8	系统开启睡眠模式
p_{15}	系统检测完毕	t_9	系统发送订阅信息

表 2 给出的是活性分析结果。Dead markings 指的是死标志状态,在该标志下任何赋值变迁都是非使能的;dead transition 指的是死的变迁,即该变迁在该模型中的任何发生序列中都无法发生。一般情况下死变迁的出现预示着设计的不合理,可以去掉死变迁而不影响模型的动态行为。由结果看,本实验中的模型存在一个死变迁 t_4 ,经过前面的分析可以发现,通过复制情境库所可以避免这样的死变迁的发生。

表 2 状态空间分析报告——活性分析

dead markings	[8]
dead transition instances	t_4
live transition instances	none

表 3 给出了每个库所的托肯的数量区间,

表 3 状态空间报告——有界性分析

best integer bounds	upper	lower
Smart_Caregiver_System' p_{10}	1	0
Smart_Caregiver_System' p_1	1	0
Smart_Caregiver_System' p_{11}	1	0
Smart_Caregiver_System' p_{12}	1	0
Smart_Caregiver_System' p_{13}	1	0
Smart_Caregiver_System' p_{14}	1	0
Smart_Caregiver_System' p_{15}	1	0
Smart_Caregiver_System' p_{16}	1	0
Smart_Caregiver_System' p_{17}	1	0
Smart_Caregiver_System' p_{18}	1	0
Smart_Caregiver_System' p_{19}	1	0
Smart_Caregiver_System' p_2''	1	0
...	...	...

从实验结果可以看出,该模型中的库所满足有界性,模型

是安全的,符合实际应用要求。

表 4 给出了在某一次的情景仿真模拟时的系统行为分析报告。从该实验结果中可以看出,在仿真时间@ 70 时,系统同时执行了为卧室开启睡眠模式 (Open_SleepMode) 和发送订阅的手机报信息 (Send_Message) 两个服务。通过人工分析容易发现,这两个行为同时进行是不合理的,因为老人在午休时,按照设计系统为卧室开启安静模式,有助于老人入眠,但此时手机报的发送会干扰老人的休息,所以这两个服务之间存在着潜在的不一致性。这种不一致性从静态的 Petri 网结构中是很难发现的,只有在动态模拟运行时才可能显现出来。为了消除这种不协调,可以考虑将手机报服务先挂起,待老人休息完后,再对其进行发送。改进后的 Petri 网如图 5 所示,图中虚线框中内容为改进的结构设计。

表 4 仿真报告——系统行为分析

count	time	system action
1	0	System_Check@ (1;Smart_Caregiver_System)
2	10	Prompt @ (1;Smart_Caregiver_System)
3	25	Warn @ (1;Smart_Caregiver_System)
4	30	Strong_Warn @ (1;Smart_Caregiver_System)
5	50	Check_Bedroom @ (1;Smart_Caregiver_System)
6	70	Open_SleepMode @ (1;Smart_Caregiver_System)
7	70	Send_Message @ (1;Smart_Caregiver_System)

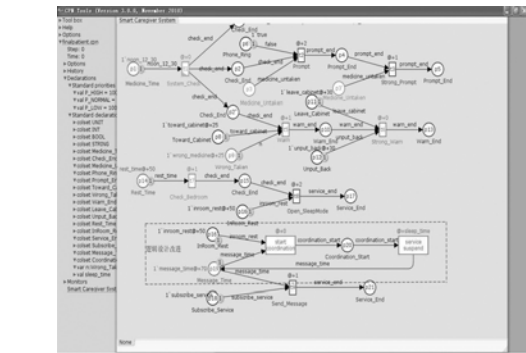


图5 经过改进优化后的模型设计

5 结束语

情境感知系统的逻辑结构描述了情境感知系统在特定的情境下提供相应服务的行为。在系统需求分析和逻辑设计阶段,通过模拟描述系统在各种情景下的运行行为,可以很大程度地减轻开发人员在动态环境下的开发负担。本文提出了基于 Petri 网的情境感知系统模型,通过对传统的 Petri 网模型进行约束限制和形式上的扩充,使其能更好地满足于情境感知系统的建模。接着本文进一步分析了该模型的特性,并在初始模型的基础上对于系统的一致性检测、去除冗余情境等优化改进操作进行了深入的分析,提出了系统的一致性检测规则,最终保证了模型结构的合理性。考虑到情景的动态性等特点,本文结合仿真工具 CPN Tools 提出了相应的仿真设计方法;最后通过近年来普适计算中一个比较热点的案例——痴呆老人智能辅助系统,对本文提出的模型和仿真方法进行了验证,证明了该方法的可用性。目前本文的研究工作还处于初始阶段,提出的模型还需要进一步进行改进和扩展,以适应更多的情境感知

系统的需要。

参考文献:

[1] MARK W. The computers for the twenty-first century[J]. Scientific American,1991,265(3):94-104.

[2] SCHILIT W N. A system architecture for context-aware mobile computing[D]. New York: Columbia University, 1995.

[3] MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory [EB/OL]. <http://oxygen.lcs.mit.edu>.

[4] JOHANSON B, WINOGRAD T, FOX A. Interactive workspaces[J]. Computer,2003,36(4):99-101.

[5] Microsoft research [EB/OL]. <http://research.microsoft.com/easyliving/>.

[6] Institute of HCI and Multimedia [EB/OL]. <http://media.cs.tsinghua.edu.cn/~pervasive>.

[7] BRADLEY N A, DUNLOP M D. Toward a multi-disciplinary model of context to support context-aware computing[J]. Human-Computer Interaction,2005,20(4):403-446.

[8] BERTHOMIEU B, DIAZ M. Modeling and verification of time dependent systems using time Petri nets[J]. IEEE Trans on Software Engineering,1991,17(3):259-273.

[9] SCHILIT B N, THEIMER M M. Disseminating active map information to mobile hosts[J]. IEEE Network,1994,8(5):22-32.

[10] BEER W, CHRISTIAN V, FERSCHA A, et al. Modeling context-aware behavior by interpreted ECA rules[C]//Proc of the 9th International Euro-Par Conference. Klagensfurt: Springer-Verlag,2003:26-29.

[11] JIANG Yue-ping, WANG Wei, SHI Bai-le. Model and behavioral determinism theory for ECA rules[J]. Journal of Software,1997,8(3):190-196.

[12] MCCARTHY D, DAYAL U. The architecture of an active database management system[C]//Proc of ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. New York: ACM Press,1989:215-224.

[13] PU Guo-lin, YANG Qing-ping, QIU Yu-hui, et al. Semantic matching of OWL-S service ontology based on semantic grid[J]. Journal of Computer Science,2008,35(4):162-164.

[14] SYCARA K, PAOLUCCI M, ANKOLEKAR A, et al. Automated discovery, interaction and composition of semantic Web services[J]. Journal of Web Semantics,2004,1(1):27-46.

[15] JENSEN K. Colored Petri nets: a high level language for system and analysis[M]//ROZENBERG G. Advances in Petri Nets. 1990:342-416.

[16] PN Group of University of Aarhus of Denmark. CPN Tools[EB/OL]. (2004-08-11). <http://wiki.daimi.au.dk/~cpntools/cpntools.wiki>.

[17] SONG Yue-tao, WANG Jin-tang. Overview of Chinese research on senile dementia in mainland China [J]. Ageing Research Reviews,2010,8(7):6-12.

[18] HOEY J. Rapid specification and automated generation of prompting systems to assist people with dementia[J]. Pervasive and Mobile Computing,2011,7(3):299-318.

[19] HUA S, SEUNG J K, KAWANISHI N, et al. A context-aware reminding system for daily activities of dementia patients[C]//Proc of the 27th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops. Washington DC: IEEE Computer Society,2007:50.