

PETRI网工具——GPNT的设计与实现

郝克刚 张慧 侯红

(西北大学计算机科学系)

PETRI NET TOOL—DESIGN AND IMPLEMENTATION OF GPNT

Hao Kegang, Zhang Hui and Hou Hong

(Northwest University of China)

ABSTRACT

Petri Net is an important model to describe and analyse dynamic features of cocurrent systems. With further research of Petri Net theory and application to various practical areas, it is necessary to develop CAD tools which can support design and analysis of Petri Net. GPNT (Graphic Petri Net Tools) is a Petri Net tool made by Computer Science Department of Northwest University of China. It is used to assist the design, dynamic simulation and analysis of P/T Net. This paper briefly introduces the functions of GPNT and discusses some technical problems in the design and implementation of it.

摘要

Petri网是描述和分析含有并行成分的系统动态特征的重要模型。随着Petri网理论研究的不断深入和在各实际领域的广泛应用,作为支持Petri网本身的设计与分析的计算机辅助工具的研究就显得十分重要。GPNT(Graphic Petri Net Tools)是西北大学计算机科学系研制的一个具有图形功能的Petri网工具软件,用于支持P/T网的设计、动态模拟及特性分析等。本文概要地介绍了该系统的功能并讨论了系统设计及实现中的若干技术问题。

1989年9月25日收到,1990年3月11日定稿。

§ 1. 引 言

Petri 网的概念最早是由 Carl Petri 1962 年在他的博士论文中提出的。在他开始提出这个概念时,并没有引起人们的注意。然而,由于 Petri 网的确深刻地、简洁地刻划了控制系统(尤其是那些含有并行操作成分的系统)的动态性质,它的重要性也逐渐为人们所认识。目前, Petri 网的理论研究发展很快,并广泛地应用于许多实际领域。除计算机科学、系统分析等领域外,几乎所有需要对动态系统建立可靠数学模型的领域,都可用 Petri 网作为分析和设计的工具。

随着 Petri 网理论和应用的发展,作为支持 Petri 网本身的设计与分析的计算机辅助设计工具就显得十分重要。国外的一些大学和科研机构已研制出一些这方面的工具和软件包如 DesignTM[3]、Net—Tools^[6]等。它们所能分析和设计 Petri 网的类型不只局限于最简单的 Place/Transition 网,而且还有 Predict/Transition Net, Coloured Petri Net 等。这些软件所提供的工具包括图形的网结构编辑器,能动画显示托肯(token)流动的模拟器,以及各种特性的分析器,还有一些和具体应用结合起来的 Petri 网工具等。在国内,关于 Petri 网方面的软件工具的开发尚属初级阶段,开发出的工具很少。我们所做的 Petri 网工具 GPNT 以实现 P/T 网编辑、模拟和分析自动化为目标,是这方面的一个初步尝试。该系统已于 1989 年 4 月通过了专家评议^[3],下面概要地介绍 GPNT 的功能和结构并讨论与系统的设计与实现有关的若干技术问题。

§ 2. GPNT 的功能和结构

GPNT 系统包括编辑、模拟、分析和网库管理四大部分。编辑器(Editor)用来支持用户以图形方式建立 P/T 网,同时进行逻辑判断,过滤掉用户的错误输入。模拟器(Simulator)或称仿真器动态模拟网中托肯的变化过程并且自动生成关联矩阵,为 Petri 网的分析提供理论基础。分析器(Analyser)用以分析用户给出的 Petri 网的安全性、有界性、死锁以及可达性、覆盖性等并计算 P- 不变量、T- 不变量。针对不同的初始标识,以图形方式给出其相应的可达树。网库管理是管理数据和文档的系统。它对各个阶段产生的数据和文档进行统一的管理,并为用户提供查询、修改、复制等功能。

GPNT 的各工具在设计中都注意使其具有良好的用户界面。系统采用了多层 pop-up 选单驱动、多窗口、鼠标器等技术,以及提供了帮助初学者使用系统的 Help 命令等。此外还采用了许多措施以提高系统的健壮性和安全性,如设置挽回(undo)命令等,保证了系统的方便实用和安全可靠。整个系统的结构如图 1 所示。

下面对各主要子系统的功能设计特点做进一步介绍。

§ 3. Petri 网编辑器

Petri 网编辑器 Editor 是 GPNT 系统中最基本的工具之一。用户可以利用此工具以直观的交互式的图形方式建立 P/T 网,并将网以文件方式存贮在 Petri 网库中,为以后在模拟和分析时随时调用。用户也可以用此工具对网库中已有的 P/T 网进行修改加工。重新

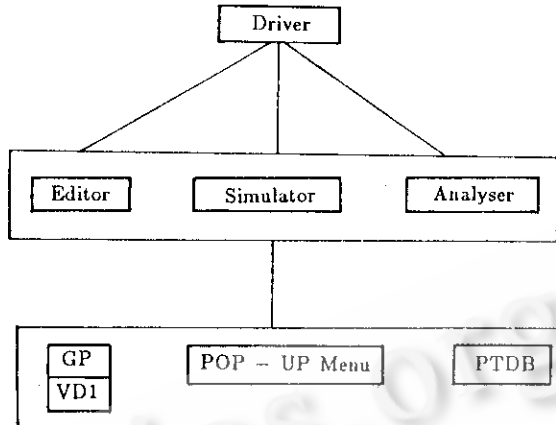


图1 GPNT 的系统结构

命名以及输出打印等。

这个编辑器是为编辑Petri 网专门设计的，它与一般图形编辑器有重要的区别。在交互地编辑时，一方面在屏幕上显示出所设计的Petri 网，另一方面在计算机内部按照Petri 网的数据结构(见本文第六节)建立相应的数据项。编辑器所处理的对象一共有六类：

1. 位子：用八边形表示；
2. 变迁：用矩形表示；
3. 名字：给位子和变迁起名；
4. 连线：带箭头的一条折线，用来表示所连结的位子和变迁之间的关系；
5. 重数：正整数，用来标明连线的重数；
6. 正文：在图的指定位置写一串正文，用以对Petri 网做注释。

在建立这些对象时，首先用鼠标器指定位置，然后键入相关信息，相应的对象就自动产生。对于连线要指明起始和终止对象，若连线是折线而不是直线，还要指明中间结点的位置。采用折线做连线给用户提供了很大的灵活性，可以避免连线之间出现过多的交叉现象。

编辑器还提供了有关对象的删除、移动等命令。由于这些对象之间有很强依附关系，例如名子是依附于相应的位子和变迁的，重数是依附于连线的，连线是依附于相连的位子和变迁等，所以在删除和移动某对象的同时，所有依附的对象也要随着删除或移动。例如当把一个位子移动到新的位置时，相应地此位子的名字、与此位子相连的所有连线以及连线的重数也要自动地移到新合适的位置。这是本编辑器的一个重要特点。一般的编辑器不提供这样的功能。此外，编辑器还提供将位子和变迁按一定尺寸进行放大或缩小的功能。

由于PC 机的显示屏幕小分辨率低，在Petri 网图比较复杂的情况下，会出现用一屏画不下的情况。为了解决这一矛盾，我们采用了虚屏的技术，即该编辑器在相当于实际显示屏幕四倍的虚拟屏幕上操作，然后，再通过一个映射机将其中的一部分映射到显示屏幕上显示出来，从用户的角度来看就好像显示屏是个窗口可以在所画的图上任意上下

左右移动,从而较好地解决了这个问题。

此外,我们还采用了多工作区技术。编辑器可以任选其中一个工作区作为操作区。这样一来,用户可以在不同的工作区中编辑不同的P/T网,为设计中进行比较和参照提供了方便,避免了反复地从网库调进调出,提高了工作效率。

§ 4. Petri 模拟器和分析器

Petri网模拟器(Simulator)也称仿真器是模拟P/T网动作的工具,它动态地显示出托肯的变化过程,并自动地构造出关联矩阵,为模拟和分析网的特性提供必要的数据库。

模拟的基础是初始标识。模拟器首先提供编辑初始标识的功能。用户可以从网库中调入所要的P/T网,然后使用插入、删除、修改等命令在直观方便的交互式图形方式下,给出初始的标识 M_0 ,用户还可以根据需要将 M_0 存贮在网库,供下次模拟时使用。

模拟器的工作方式有两种。一种是由用户按照提示信息交互式地进行模拟,另一种是按照过去记录下来的变迁文件自动进行模拟。整个模拟序列可以记录下来存入网库中,供以后自动模拟时使用。由于Petri网在某一状态下可以激发的变迁不止一个,点燃不同的变迁,其模拟的结果不同。为此,模拟器在每一步都用一个特殊的记号标出所有可能的变迁,然后由用户(交互方式)或按记录(自动方式)选择要点燃的变迁,各位子的托肯数的变化就自动地在屏幕上显示出来。此外,模拟器还提供了回溯命令,不仅可以一步一步地向前进,还可以向后回溯(直至初始标识 M_0),回溯后再按照不同的序列重新进行模拟。为方便用户起见,模拟器还提供了自动方式下的速度开关,用户可随意调整模拟的速度,直至满意为止。另外,模拟器用数字显示托肯数,最大为32767,一般的网已足够。Petri网分析器(Analyser)是分析Petri网的工具,对网的静态和动态特性进行分析,并以文字或图形方式给出结果。

分析器可给出P/T网的关联矩阵^[2]、 P_- 不变量^[7]、 T_- 不变量^[7],并分析可达性^[2]、覆盖性^[2]、安全性^[2]、有界性^[2]、死锁等特性。特别是,可针对不同的初始标识 M_0 ,给出相应的可达树,并以形象直观的图形方式显示在屏幕上。另外,各种分析的结果可按照用户的需要打印输出。

§ 5. Petri 网库及其它子系统

PTDB是GPNT各工具统一的Petri网库管理系统,它借助于MS-DOS操作系统为各工具提供对图形文件或数据文件的管理操作,这些文件分布于编辑、模拟、分析各个阶段,如P/T网、初始标识、模拟序列、可达树、 P_- 不变量等。PTDB提供文件的读写、查询、修改等操作,如查询某P/T网有几个初始标识 M_0 文件等。这些为GPNT各工具实现文档管理和文件重用提供了有力的支持。

图形编辑函数包GP提供有关图形的输入输出及编辑操作,如移动光标,建立、删除、修改、缩放、平移图形对象,变换和剪裁显示窗口,拾取图形符号或坐标位置,刷新或清除显示屏幕,打印图形等,GPNT各图形工具通过调用GP提供的编辑操作,并在屏幕上显示操作结果。

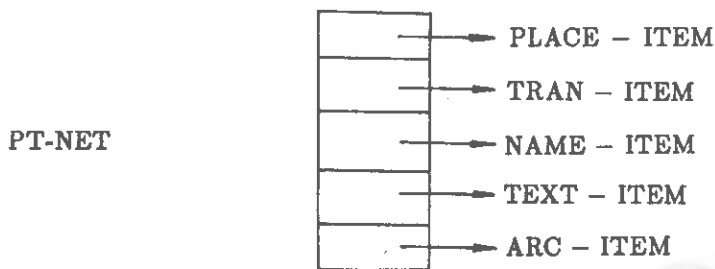
虚拟设备接口 VDI 是一个更基层的图形软件包, 它覆盖在物理外设之上, 使它们向上显现统一的图形功能, 给建立在 VDI 之上的图形软件提供了统一的设备接口, 使之具有可移植性。

pop-up Menu 是所有工具的选单生成和控制系统。它为各工具在图形方式下提供选单的显示, 鼠标器的选择控制等机制。为了节省显示屏幕的有效面积, 我们采取了 pop-up 技术, 即选单在屏幕上不占有固定位置而是根据需要在需要时才显示选单, 选择动作完成后, 选单自行消失并恢复屏幕上原有内容。

§ 6. Petri 网数据结构的设计

Petri 网在计算机中的表示问题是整个工具实现的关键。我们在网的数据结构的设计中注意了以下几方面: ①能够完整地反映出 Petri 网的逻辑结构和图形信息, 从而能根据逻辑结构和图形信息在屏幕上对网作出图形显示; ②便于灵活地对图形做各种操作, 如增、删、改等; ③尽可能地节省存贮空间和有利于今后的扩充; 对这三方面权衡的结果是我们采用了链表结构。图形的点阵可以根据这个结构自动生成, 这样就无需存点阵文件, 大大地节省了存贮空间和存取时间。

整个 PT-NET 是一个结构类型, 各个域的内容如下所示:



其中 PLACE-ITEM 又是一个结构, 在该结构中必须记录关于一个位子的所有属性, 如位子中心点坐标, 位子大小等信息。PLACE-ITEM 结构定义如下:

标号类型
坐 标
尺 寸
加 细

```

STRUCT {char    num[2];
        int     coord[2];
        int     diamet;
        PT-NET * sub;
        }PLACE-ITEM;

```

TRAN-ITEM 结构有三个域, 定义如下:

标号类型
坐 标
尺 寸

```

STRUCT {char    num[2];
        int     coord[2];
        int     diamet;
        }TRAN-ITEM;

```

NAME-ITEM 结构有四个域, 定义如下:

标号类型
目标类型标号
名字串起始
坐标及长度
串

```
STRUCT {char num[2];
char obj-num[2];
int table[5][3];
char name[260];
}NAME-ITEM;
```

TEXT-ITEM 结构有三个域定义如下:

标号类型
正文的起始
坐标及长度
正文串

```
STRUCT {char num[2];
char text[260];
int table[5][3];
}TEXT-ITEM;
```

ARC-ITEM 结构有七个域定义如下:

标号类型
折点x 坐标
折点y 坐标
折点个数
重 数
起点类型坐标
终点类型坐标

```
STRUCT {char num[2];
int n *px, *py;
int multi;
char start num[2];
char termi num[2];
}ARC-ITEM;
```

GPNT 系统是在与IBM-PC 兼容的微机系统上使用C 语言进行开发的。使用交互式计算机图形方式进行P/T 网的各种模拟与分析仅仅是我们工作的初步尝试。GPNT 的功能还有很多局限性。比如, GPNT 现在只限于对P/T 网进行分析, 而且对P/T 网的结点数也有限制(位子与转移的个数小于40) 等。但是通过这段工作, 我们深深感到用计算机图形工具研究Petri 网的做法已展现出它的直观、形象和方便等优点和美好的前景。为此, 我们将进一步拓广现有的工作, 如解决网的大结点数问题, 以及着手研制支持高级网、随机网等方面的软件工具。此外, 正准备在现有基础上研究更深入的分析工具, 如公平性及Petri 网的简化等。我们希望所研究的工具能具有更强的实用性及更广泛的适用范围, 以促进我国Petri 网研究的发展。

参考文献

- [1] 郝克刚, Petri 网及结构的Petri 网, 微电子学与计算机, 6(1985).
- [2] J.L Peterson, Petri Net Theory and the Modeling of Systems (1981).
- [3] Kurt Jensen, DesignTM—"Petri Net Editor" for the MACINTOSH, Petri Net Newsletter 24 (1986).
- [4] Zurich, A Graphic Petri Net Tool for the Design and Prototyping of Distributed Systems, Petri Net Newsletter 27 (1987).
- [5] E.Ciapessoni, M.Negri, D.Pieragostin, A Software Tool for the Drawing and Validating Petri Nets, Petri Nets and Related System Models Newsletter 18(1984).
- [6] Burhard Igel, Net—Tools, Petri Net Newsletter 25(1986).
- [7] 张彤, Petri 网系统分析器, 硕士学位论文(1988).
- [8] 段振华, 第二届全国Petri 网研讨会在西安召开, 计算机世界周报总第241期(1989).