

SOFTWARE TOOL FOR GRAPHICAL DESIGN, SIMULATION AND ANALYSIS OF C/E PETRI NETS

Petr NOVOSAD, Master Degree Programme (5)
Dept. of Intelligent Systems, FIT, BUT
E-mail: xnovos03@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by Prof. Milan Češka

ABSTRACT

This paper presents the computer tool CESim for editing, simulating and analyzing of the C/E Petri nets. The tool supports graphical design of the C/E Petri nets and interactive and automatic simulation of the C/E systems. It can automatically generate case graphs and occurrence graphs during simulation.

1 ÚVOD

Rozšíření použití Petriho sítí do různých vědních a technických oblastí vedlo k nutnosti vývoje programových nástrojů pro práci s nimi. Tyto prostředky výrazně usnadňují modelování paralelních systémů a jsou vhodné i pro další výzkum Petriho sítí. Tato práce je zaměřena na C/E Petriho sítě, k nimž doposud neexistoval vhodný programový nástroj pro jejich simulaci a analýzu.

2 C/E PETRIHO SÍŤ

Petriho sítě jsou třídou diskretních matematických modelů pro popis paralelních a distribuovaných systémů. Skládají se z míst, přechodů a orientovaných hran mezi nimi. Petriho sítě rozšiřují modelovací schopnosti konečných automatů zavedením synchronizace provádění přechodů a úpravou reprezentace aktuálního stavu systému. U konečného automatu je okamžitý stav jednoznačně určen jedním z jeho stavů. U Petriho sítě je okamžitý stav dán aktuálním značením v jednotlivých místech sítě. C/E Petriho sítě jsou podtřídou obecných Petriho sítí, zkratka vychází z anglického názvu condition/event. Místa sítě nazýváme podmínky, jejich značení je pouze dvouhodnotové a modelují tedy logickou podmínku. C/E Petriho sítě jsou tedy bezpečné. Toto omezení značení redukuje potenciálně nekonečný stavový prostor obecných Petriho sítí na konečný počet stavů, který nám dává lepší možnosti analýzy vlastností sítě. Množinu podmínek nazýváme případ C/E systému. Jazykem C/E Petriho sítí jsou regulární jazyky. Definice dále zmíněných pojmů jako C/E systém, případový graf, výskytová síť a grafická reprezentace těchto sítí je uvedena v [1] a [2].

3 PROGRAM CESIM

Cílem této práce bylo vytvořit program pro grafický návrh, simulaci a analýzu C/E Petriho sítí pro operační systém Microsoft Windows. Práce navazuje na ročníkový projekt [3]. Název CESim je zkratkou názvu C/E Petri Net Simulator. Součástí programu je i podrobná nápověda.

3.1 GRAFICKÝ NÁVRH

V režimu grafického návrhu poskytuje program prostředky moderních vektorových editorů pro vytvoření všech částí grafické reprezentace sítě a k nastavení jejich vlastností. Umožňuje přidávat podmínky, události a propojovat je hranami. Vše jednoduše výběrem typu objektu z nástrojové lišty a umístěním myši na plochu. S každou podmínkou a událostí je vytvořen i přidružený text s jejich pojmenováním. Událostem lze navíc přiřadit symbol přijímaný při provedení dané události. Kromě základních částí sítě je uživateli k dispozici i mnohoúhelník libovolného tvaru a samostatný text pro dodatečný popis významu sítě. Návrh sítě lze vytisknout a exportovat do souboru v textovém formátu a ve formátu WMF a BMP.

3.2 SIMULACE

V režimu simulace poskytuje program interaktivní i automatickou simulaci, které pracují přímo s grafickou reprezentací sítě. Při vstupu do režimu simulace je provedena kontrola zda navržená síť splňuje požadavky na C/E systém a je případně indikováno, který z požadavků nebyl splněn. Aktuální případ je zobrazen značkami v příslušných podmínkách. Změna značení při simulaci je prováděna názorně animovaným přesunem jednotlivých značek mezi podmínkami. Interaktivní simulace je řízena uživatelem, který myší vybírá barevně zvýrazněné proveditelné události. Při označení více nezávisle proveditelných událostí jsou tyto události provedeny najednou. Po provedení události je zaktualizováno značení sítě a jsou zvýrazněny nově proveditelné události. Automatická simulace je řízena programově náhodným výběrem proveditelných událostí. Uživatel má možnost měnit její rychlost, spustit krokování a nastavovat zarážky v provádění na určité podmínky systému. Průběh simulace lze zaznamenat a uložit pro pozdější opětovné přehrání. Program umí zobrazit řetězec jazyka, který byl přijat provedením nasimulované posloupnosti událostí. Naopak také umožňuje zodpovědět zda uživatelem zadaný řetězec patří do jazyka generovaného simulovaným systémem a nabízí možnost automatického nasimulování příslušné posloupnosti událostí.

3.3 ANALÝZA

Analýza systému je dostupná v režimu simulace. K základní analýze patří výpočet tzv. případové třídy, která obsahuje všechny stavy, ve kterých se simulovaný C/E systém může nacházet. Uživatel má možnost nad danou případovou třídou pokládat dotazy na dosažení určité kombinace podmínek. Případovou třídu simulovanému systému lze zobrazit také ve tvaru tzv. případového grafu, který zobrazuje vztah mezi jednotlivými případy v závislosti na provádění událostí. Graf je generován automaticky a uživatel má následně možnost provést jeho korekci změnou poloh jednotlivých uzlů. Zobrazený případový graf plně spolupracuje s interaktivní simulací sítě a simulaci lze z něj i řídit. Další možností analýzy je zobrazení tzv. výskytové sítě. Síť se tvoří v průběhu celé simulace a zaznamenává tzv. proces simulovaného systému. Zobrazené grafy lze vytisknout a uložit spolu s návrhem sítě.

3.4 IMPLEMENTACE

Program je implementován pomocí vývojového nástroje Microsoft Visual C++ 6.0. Jedná se o SDI aplikaci využívající knihoven MFC. Rozhraní programu i zdrojové kódy včetně komentářů jsou psány v anglickém jazyce. Program je objektově orientovaný. Grafické části sítě jsou reprezentovány třídami, které nesou jejich vlastnosti a starají se i o samotné vykreslení na ploše. Uchovávány jsou jako seznam ukazatelů na jejich společnou virtuální básovou třídu. V době grafické návrhu se neudržují informace o propojení objektů sítě. Tyto informace se kompletují až při vstupu do režimu simulace.

Při výpočtu případové třídy je na začátku algoritmu vložen do prázdné případové třídy výchozí případ. Poté se v cyklu vždy testuje proveditelnost všech událostí v jednotlivých případech. Pokud je některá z událostí proveditelná, vloží se do případové třídy nový případ, který vznikne provedením dané události. Vloženy jsou pouze případy, které v případové třídě zatím nejsou obsaženy. Algoritmus končí až nelze vygenerovat žádný nový případ, který by v případové třídě již nebyl obsažen. Současně s výpočtem případové třídy jsou uchovávány i informace pro případový graf o vztahu mezi vytvořenými případy a provedenými událostmi.

Zobrazení případového grafu je provedeno pomocí genetického algoritmu. Nejprve je náhodně vygenerována a ohodnocena počáteční populace. Poté se v cyklu opakuje výběr a rekombinace rodičů na nové potomky. Ti jsou ohodnoceni a vráceni do populace, kde soupeří s rodiči. Počet cyklů je řízen časovým omezením. V chromozómu každého jedince jsou zakódovány souřadnice jednotlivých uzlů grafu. K reprodukci je využito jednobodové křížení a uniformní mutace. Použitá funkce vhodnosti jedince zohledňuje především počet protínajících se hran a vzdálenosti mezi uzly. Nejvhodnější jedinec tedy nemá žádnou protínající se hranu a všechny jeho uzly jsou rovnoměrně rozloženy.

Výskytová síť je definována pouze pro bezkontaktní systémy. Použitý algoritmus přidává pouze potřebné fiktivní komplementy a to pouze do výskytové sítě, simulovaný systém zůstává nedotčený. Nevyžaduje se tedy explicitní komplementace sítě. Algoritmus zobrazení výskytové sítě je řízen heuristickými pravidly. Tato pravidla usměrňují tvorbu grafu, určují kdy je nutné vytvořit fiktivní komplement a zabraňují protínání hran.

4 ZÁVĚR

Program CESim byl vytvořen pro potřeby předmětu Teoretická informatika 2 a bude sloužit studentům při vypracovávání projektů a k snadnějšímu pochopení teorie Petriho sítí. K tomuto účelu je vypracována i sada vzorových příkladů sítí, které názorně demonstrují probíranou látku. Budoucí vývoj programu bude zaměřen především na rozšíření možností analýzy o výpočet synchronizační vzdálenosti a o fakta C/E sítí.

LITERATURA

- [1] Reisig, W.: Petri Nets – an Introduction. Berlin, Springer-Verlag, 1985, s. 17-57.
- [2] Češka, M.: Písemné podklady ke kurzu Teoretická informatika 2. VUT Brno
- [3] Novosad, P.: Programový systém pro podporu výuky Petriho sítí [Ročníkový projekt]. VUT Brno FIT, 2003