

1 Úvod

V této práci je řešena implementace P/T¹ Petriho sítě. Za pomoci vzniklé knihovny je možné vytvořit model Petriho sítě a následně si jej nasimulovat. Nejedná se tedy pouze o čisté stochastické Petriho sítě, ale o P/T sítě s rozšířenými vlastnostmi, které jim dávají výpočetní sílu Turingova stroje. Jsou tedy schopny počítat všechny vyčíslitelné funkce. Mezi hlavní rozšíření díky, které se této vlastnosti dosahuje jsou priority přechodů. K dalším rozšířením patří pravděpodobnosti přechodů a časování přechodů.

Přečtením tohoto dokumentu získáte základní informace o tvorbě modelu Petriho sítě a o jeho samotné simulaci.

1.1 kapitola

Na projektu pracoval dvoučlenný tým složený ze studentů bakalářského studia, úkoly byly rozděleny následovně:

- Dušan Kovačič (vedoucí týmu) - jádro simulace, dokumentace.
- Jaroslav Sandler - kalendář, generátory pseudonáhodných čísel, statistika a výpisy, dokumentace.

Pro tento projekt nebyl využit žádný poradce, tudíž nebylo použito žádných rad z třetí strany. Tedy kromě jedné konzultace s .p Hrubým. Jako odborná a pomocná literatura byla studována:

1. Rábová Z. a kol: Modelování a simulace, VUT Brno, 1992, ISBN 80-214-0480-9
2. Soubor materiálů prezentovaných na přednáškách

1.2 kapitola

V jakém prostředí a za jakých podmínek probíhalo experimentální ověřování validity modelu ? pokud čtenář/zadavatel vaší zprávy neuvěří ve validitu vašeho modelu, obvykle vaši práci odmítne už v tomto okamžiku.

2 Rozbor tématu a použitých metod/technologií

Petriho síť je matematická reprezentace diskrétních distribuovaných systémů. Vznikla za účelem modelovat řídicí systémy. ycházejí z blabla....

Definice 2.1. Petriho síť je graf popisující stavy a přechody mezi stavy, umožňuje vyjádření paralelismu a nedeterminismu.....viz převzato ze opeora IMS str 31

Definici v podobě matematického zápisu viz. Definice P/T Petriho sítě na straně 126 ve slajdech.

Definice 2.2. Petriho síť je šestice $\Sigma = (P, T, F, W, C, M_0)$

kde:

- P je množina míst
- T je množina přechodů, $P \cap T = \emptyset$
- $F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ incidenční relace
- $W : F \rightarrow \{1, 2, \dots\}$ váhová funkce
- Kapacity míst. $C : P \rightarrow \mathbb{N}$

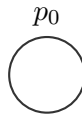
¹Place/Transitions

- M_0 počáteční značení, $M_0 : P \rightarrow N$
- (M se nazývá značení Petriho sítě)

Petriho síť je tvořena pomocí tří následujících objektů:

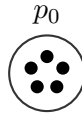
Místa

Místa (Places), modelují parciální stavy systému. Jejich vizuální vyjádření v grafu Petriho sítě je ukázáno na obrázku 1. Vlastnosti míst jsou definovány pomocí značek (tokens), které vyjadřují okamžitý stav systému.



Obrázek 1: Vyjádření místa v grafu

Tento stav je zobrazen na obrázku číslo 2. Je-li značka v místě přítomna, modeluje to skutečnost, že dané



Obrázek 2: Vyjádření místa s 5 značkami v grafu

stanovisko, uplatňované při posuzování, stavu je momentálně aktuální, nebo-li podmínka je splněna. Každé místo má nadefinovaný počáteční stav (počet značek na začátku) a kapacitu (maximální počet značek na místě). Místo bez ohodnocení je chápáno jako místo s neomezenou kapacitou.

Přechody

Přechod (Transitions), definují vzory možných událostí. Mezi vlastnosti jež definují přechod patří vstupní a výstupní místa, které jsou vyjádřeny orientovanými hranami spojující místa a přechody (viz. 2).

Obrázek 5 zobrazuje grafický náčrt přechodů. Část A ukazuje zapsání vstupu do přechodu a část B zapsání výstupu.



Obrázek 3: A - Vstup do přechodu, B - výstup z přechodu

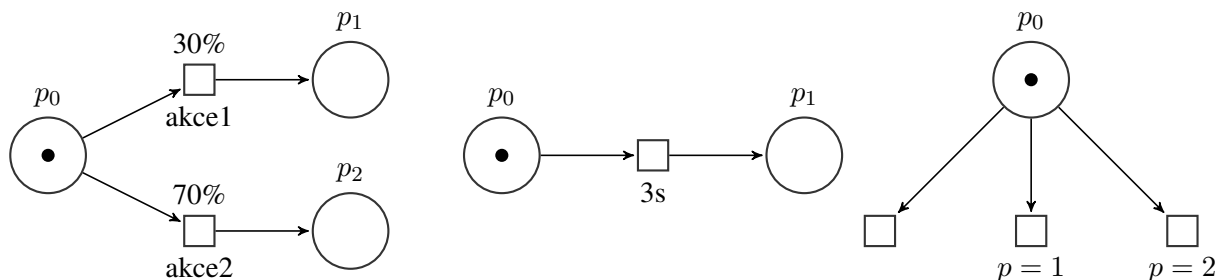
Přechod je proveditelný pouze pokud splňuje vstupní a následně výstupní podmínky. Jako vstupní podmínky se jeví obsah značek v místě vstupu. Při provádění přechodu se značky ze vstupního místa odeberou a přesunou se na výstupní místo, tímto se použijí výstupní podmínky. Zavedením rozšíření pro Petriho síť zvětšujeme jejich popisnou sílu. Jsou to:

priority přechodů - je-li přechod s vyšší prioritou proveditelný, tak se provede dřív než kterýkoliv proveditelný přechod s nižší prioritou. Pokud přechodu neurčíme velikost priority jako defaultně je brána hodnota 0, tato hodnota je i rezervována pro přechody časované. Díky prioritě je možno řešit deterministické konflikty.

pravděpodobnosti přechodů - je udávána v procentech. Celkový součet pravděpodobnosti všech přechodů ve stejné úrovni musí být 1, neboli 100%.

časování přechodů - do Petriho sítí přináší možnost pracovat s časem. Doposud byly všechny změny v síti provedeny okamžitě. Nyní změny mohou trvat určitou dobu.

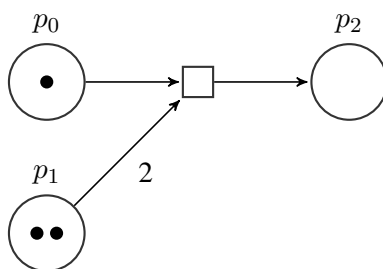
Tato rozšíření se navzájem nesmí kombinovat. Obrázek 4 ukazuje použití P/T s rozšířeními.



Obrázek 4: A - Vstup do přechodu, B - výstup z přechodu

Hrany

Hrany (Arcs), spojují místa s přechody nebo přechody s místy. Vlastnost, která udává počet značek, které se současně po hraně přesunou se označuje *kapacita*. Defaultně se chápe s hodnotou 1.



Obrázek 5: A - Vstup do přechodu, B - výstup z přechodu

2.1 kapitola

Popis použitých postupů pro vytvoření modelu a zdůvodnění, proč jsou pro zadaný problém vhodné. Zdůvodnění může být podpořeno ukázáním alternativního přístupu a srovnáním s tím vaším. Čtenář musí mít jistotu, že zvolené nástroje/postupy/technologie jsou ideální pro řešení zadaného problému (ovšem, "dělám to v Javě, protože momentálně Java frčí..." nemusí zadavatele studie uspokojit).

2.2 kapitola

Popis původu použitých metod/technologií (odkud byly získány (odkazy), zda-li jsou vytvořeny autorem) - převzaté části dokumentovat (specificky, pokud k nim přísluší nějaké autorské oprávnění/licence). Zdůvodnit potřebu vytvoření vlastních metod/nástrojů/algoritmů. Ve většině případů budete přebírat již navržené metody/algoritmy/definice/nástroje a je to pro školní projekt typické. Stejně tak je typické, že studenti chybně vymýšlí již hotové věci a dojdou k naprostému nesmyslu - je třeba toto nebezpečí eliminovat v tomto zdůvodnění.

Velmi důležité, až fanaticky povinné, kontrolované a hodnocené: na každém místě v textu, kde se poprvé objeví pojem z předmětu IMS bude v závorce uveden odkaz na předmět a číslo slajdu, na kterém je pojem definován. Pokud bude významný pojem z předmětu IMS takto nedokumentován v textu a zjevně bude používán nevhodným nebo nepřesným způsobem, bude tento fakt hodnocen bodovou ztrátou. Tento požadavek je míněn s naprostou vážností. Cílem je vyhnout se studentské tvůrčí činnosti ve vysvětlování známých pojmů, což mnohdy vede k naprostým bludům, ztrátě bodů a zápočtů. Pokud student pojem cituje korektně a přesto nekorrektně používá, bude to hodnoceno dvojnásobnou bodovou ztrátou.

3 Koncepce modelu

Konceptuální model je abstrakce reality a redukce reality na soubor relevantních faktů pro sestavení simulačního modelu. Předpokládáme, že model bude obsahovat fakta z "Rozboru tématu". Pokud jsou některá vyřazena nebo modifikována, je nuto to zde zdůvodnit (například: zkoumaný subjekt vykazuje v jednom procentu případů toto chování, ovšem pro potřeby modelu je to naprosto marginální a smíme to zanedbat, neboť ...). Pokud některé partie reality zanedbáváte nebo zjednodušujete, musí to být zdůvodněno a v ideálním případě musí být prokázáno, že to neovlivní validitu modelu. Cílem konceptuálního (abstraktního) modelu je formalizovat relevantní fakta o modelovaném systému a jejich vazby. Podle koncept. modelu by měl být každý schopen sestavit simulační model.

3.1 kapitola

působ vyjádření konceptuálního modelu musí být zdůvodněn (na obrázku xxx je uvedeno schéma systému, v rovnicích xx-yy jsou popsány vazby mezi ..., způsob synchronizace procesů je na obrázku xxx s Petriho sítí).

3.2 kapitola

Formy konceptuálního modelu (důraz je kladen na srozumitelnost sdělení). Podle potřeby uveďte konkrétní relevantní:

- obrázek/náčrt/schéma/mapa (možno čitelně rukou)
- matematické rovnice - u některých témat (např. se spojitými prvky, optimalizace, ...) naprosto nezbytné. Dobré je chápat, že veličiny (fyzikální, technické, ekonomické) mají jednotky, bez kterých údaj nedává smysl.
- tavový diagram (konečný automat) nebo Petriho síť - spíše na abstraktní úrovni. Petriho síť nemá zobrazovat výpočty a přílišné detaily. Pokud se pohodlně nevejde na obrazovku, je nepoužitelná. Možno rozdělit na bloky se zajímavými detaily a prezentovat odděleně abstraktní celek a podrobně specifikované bloky (hierarchický přístup).

4 Architektura simulačního modelu/simulátoru

Tato kapitola má různou důležitost pro různé typy zadání. U implementačních témat lze tady očekávat jádro dokumentace. Zde můžete využít zajímavého prvku ve vašem simulačním modelu a tady ho "prodat".

4.1 kapitola

Minimálně je nutno ukázat mapování abstraktního (koncept.) modelu do simulačního (resp. simulátoru). Např. které třídy odpovídají kterým procesům/veličinám a podobně.

5 Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Nezaměňujte pojmy testování a experimentování (důvod pro bodovou ztrátu)!!! Zopakovat/shrnout co přesně chcete zjistit experimentováním a proč k tomu potřebujete model. Pokud experimentování nemá cíl, je celý projekt špatně. Je celkem přípustné u experimentu odhalit chybu v modelu, kterou na základě experimentu opravíte. Pokud se v některém experimentu nechová model podle očekávání, je nutné tento experiment důkladně prověřit a chování modelu zdůvodnit (je to součást simulačnické profese). Pokud model pro některé vstupy nemá důvěryhodné výsledky, je nutné to zdokumentovat. Pochopitelně model musí mít důvěryhodné výsledky pro většinu myslitelných vstupů.

5.1 kapitola

Naznačit postup experimentování ? jakým způsobem hodláte prostřednictvím experimentů dojít ke svému cíli (v některých situacích je přípustné "to zkoušet tak dlouho až to vyjde", ale i ty musí mít nějaký organizovaný postup).

5.2 kapitola

Dokumentace jednotlivých experimentů - souhrn vstupních podmínek a podmínek běhu simulace, komentovaný výpis výsledků, závěr experimentu a plán pro další experiment (např. v experimentu 341. jsem nastavil vstup x na hodnotu X, která je typická pro ... a vstup y na Y, protože chci zjistit chování systému v prostředí ... Po skončení běhu simulace byly získány tyto výsledky ..., kde je nejzajímavější hodnota sledovaných veličin a,b,c které se chovaly podle předpokladu a veličin d,e,f které ne. Lze z toho usoudit, že v modelu není správně implementováno chování v podmínkách ... a proto v následujících experimentech budu vycházet z modifikovaného modelu verze ... Nebo výsledky ukazují, že systém v těchto podmínkách vykazuje značnou citlivost na parametr x ... a proto bude dobré v dalších experimentech přesně prověřit chování systému na parametr x v intervalu hodnot ... až ...)

5.3 kapitola

Závěry experimentů ? bylo provedeno N experimentů v těchto situacích ... V průběhu experimentování byla odstraněna ... chyba v modelu. Z experimentů lze odvodit chování systémů s dostatečnou věrohodností a experimentální prověřování těchto ... situací již nepřinese další výsledky, neboť ...

6 Shrnutí simulačních experimentů a závěr

Nezaměňujte pojmy testování a experimentování (důvod pro bodovou ztrátu)!!! Zopakovat/shrnout co přesně chcete zjistit experimentováním a proč k tomu potřebujete model. Pokud experimentování nemá cíl, je celý projekt špatně. Je celkem přípustné u experimentu odhalit chybu v modelu, kterou na základě experimentu opravíte. Pokud se v některém experimentu nechová model podle očekávání, je nutné tento experiment důkladně prověřit a chování modelu zdůvodnit (je to součást simulačnické profese). Pokud model pro některé vstupy nemá důvěryhodné výsledky, je nutné to zdokumentovat. Pochopitelně model musí mít důvěryhodné výsledky pro většinu myslitelných vstupů.

- do závěru se nehodí psát poznámky osobního charakteru (např. práce na projektu mě bavila/nebavila, ...). Technická zpráva není osobní příběh autora.
- absolutně nikoho nezajímá, kolik úsilí jste projektu věnovali, důležitá je pouze kvalita zpracování simulátoru/modelu a obsažnost simulační studie (rozhodně ne např.: projekt jsem dělal ... hodin, což je víc než zadání předpokládalo. Program má ... řádků kódu). Pokud zdůrazňujete, že jste práci dělali významně déle než se čekalo, pak tím pouze demonstřujete vlastní neschopnost (to platí zejména v profesním životě).

- o závěru se velmi nehodí psát "auto-zhodnocení" kvality práce, to je výhradně na recenzentovi/hodnotiteli (např. v projektu jsem zcela splnil zadání a domnívám se, že můj model je bezchybný a výsledky taktéž). Statisticky častý je pravý opak autorova auto-zhodnocení. Pokud přesto chcete vyzdvihnout kvalitu svého díla (což je dobře), tak vaše výroky musí být naprosto nepopíratelně zdůvodněny a prokázány (např. pomocí jiného referenčního přístupu, matematického důkazu, analýzy, ...).