

ANALÝZA MODELU ZRIADŔOVACEJ STANICE V PETRIHO SIETI

Michal Źarnay¹

Abstrakt: Článok sa venuje možnostiam analýzy modelu základných technologických procesov zriadovacej Źelezničnej stanice vo farebnej Petriho sieti. Analyzujú sa vlastnosti a výkon modelu. Analýza vlastností modelu je hlavným prínosom použitia Petriho siete. Vlastnosti opisujú štruktúru a správanie modelu. Článok najskôr poukazuje na parametre, od ktorých závisí veľkosť stavového priestoru modelu, ako aj premenlivosť veľkosti získaného stavového priestoru pri jeho opakovaných výpočtoch pre identický model. Zo stavového priestoru sa odvádzajú vlastnosti správania modelu. Štruktúrne vlastnosti prináša analýza pomocou invariantov, ktorých tvorba závisí najmä od zručností analytika modelu. Analýza výkonu modelu sa principiálne nelíši od analýzy pomocou všeobecného diskretného simulačného modelu. Je relevantná iba pre modely v časovaných Petriho sieťach.

Kľúčové slová: modelovanie, analýza, zriadovacia Źelezničná stanica, farebná Petriho sieť

1 Úvod

V rámci skúmania riadenia technologických procesov v Źelezničnej doprave sme sa vo výskumnom kolektíve rozhodli vyskúšať možnosti Petriho siete na modelovanie a analýzu systému z tejto oblasti. Po skúsenostiach s diskretnými simulačnými modelmi jednoduchých i komplexných uzlov Źelezničnej siete v programe Villon sme si za reálnu predlohu pre model v Petriho sieti zvolili pre začiatok jednoduchú zriadovaciu Źelezničnú stanicu.

Podrobnosti o zvolenej stanici a vytvorení jej modelu vo farebnej Petriho sieti sa možno dočítať v publikáciách [5], [5] alebo [5]. Tento príspevok nadväzuje na ne a venuje sa analýze vytvoreného modelu, ktorú možno v Petriho sieti vykonať z dvoch hľadísk: z hľadiska vlastností Petriho

¹ Ing. Michal Źarnay, Źilinská univerzita v Źilíne, Fakulta riadenia a informatiky, Katedra dopravných sietí, Univerzitná 8215/1, 01026 Źilina, Slovenská republika, tel.: +421 41 513 4224, E-mail: michal.zarnay@fri.utc.sk

siete, ktoré sa ďalej delia na dynamické (správanie modelu) a statické (štruktúra modelu), a z hľadiska výkonu modelovaného systému podľa špecifických kritérií.

Podrobnosti o analýze, ako aj o modelovaní pomocou základných Petriho sietí nájde čitateľ napríklad v [5] a rozšírenie na farbené Petriho siete v [5] alebo [5].

Pôvodný model zahŕňal aj časový aspekt vykonávania činností. Počas analýzy sme ho upravili aj na nečasovanú verziu. Kým výkon systému možno vypočítať iba z časovanej verzie, dynamické i statické vlastnosti Petriho siete možno odvodiť pre obidve verzie.

2 Analýza správania modelu pomocou stavového priestoru

Vlastnosti správania modelu sa odvádzajú z analýzy stavového priestoru. Na to, aby sa vôbec dali určiť, treba zabezpečiť konečnosť stavového priestoru. Druhým dôležitým parametrom stavového priestoru je veľkosť, kde sa snažíme nájsť kompromis medzi zachytením všetkých podstatných sledovaných rysov modelu a rozumnou veľkosťou jeho stavového priestoru, t. j. výpočet sa vykoná v primeranom čase (napr. maximálne do 10 dní). Obidve vlastnosti stavového priestoru závisia od charakteru modelu, ktorý treba preskúmať.

2.1 Veľkosť stavového priestoru

Pre veľkosť stavového priestoru platí, že menší počet značiek pre vlaky a ich vozne značne zmenší stavový priestor. Podobne posun od individualizovania značiek k ich označeniu rovnakou hodnotou tam, kde to nenaruší sledované rysy modelu, môže výrazne prispieť k zmenšeniu stavového priestoru. A napokon časovaný model má vďaka odlíšeniu času vykonania činností, ktoré sa môžu vykonať súbežne a nezávisle od seba, oveľa menší stavový priestor.

2.2 Premenná veľkosť stavového priestoru časovaných modelov

Graf dosiahnuteľnosti (stavový priestor) časovanej verzie modelu má premenný počet vrcholov a hrán. To znamená, že po každom výpočte môže vzniknúť graf inej veľkosti ako bolo pri predchádzajúcom výpočte. Dôvody spočívajú v použití

- náhodného výberu v modeli a

- času pri výbere prostriedkov.

2.3 Dynamické vlastnosti modelu

Posudzované dynamické vlastnosti správania modelu zahŕňajú ohraničenosť, živosť, návratnosť a prijateľnosť.

Vlastnosti ohraničenosti pri obidvoch modeloch pomáhajú tvorcovi pri overení, či je model zostavený správne a pracuje podľa predpokladov.

Kľúčovou v analýze vlastností je živosť. Nájdenie mŕtveho stavu (uviaznutia) znamená, že model ukončil svoju činnosť. Ak je taký stav iba jeden a je to očakávaný stav, tak je to ďalší príspevok k potvrdeniu, že správanie modelu zodpovedá požiadavkám na model. Ak analýza nečasovaného modelu oznámi viac ako jeden stav uviaznutia, každý nadbytočný stav nezodpovedá želanému stavu a ide o signál, že sa model nespráva podľa želania a vyžaduje si korekciu. Tú možno odhadnúť na základe pochopenia príčiny vzniku problematického stavu z grafu dosiahnuteľnosti. V prípade časovanej verzie modelu môže byť počet uviaznutí väčší vzhľadom na vplyv časových pečiatok na odlišnosť stavov.

Okrem mŕtvych značení (uviaznutí) sa vyšetrujú aj mŕtve prechody – signalizujú, že sa niektorá časť modelu nepoužíva. V správne fungujúcom modeli zriaďovacej stanice sa nevyskytujú nijaké mŕtve prechody.

Rozbor návratnosti sa obmedzuje iba na hľadanie domovského stavu, ktorý súvisí s uviaznutím v modeli. Ak je v stavovom priestore modelu jeden stav uviaznutia, je zároveň aj domovským stavom. Ak je stavov uviaznutia viac, tak takýto model domovský stav nemá.

Vyšetrenie vlastností prijateľnosti prechodov závisí od nekonečnej postupnosti vykonávania prechodov, ktorá sa v stavovom priestore tohto modelu nenachádza. Z toho vyplýva, že pre prechody tohto modelu tieto vlastnosti určiť nemožno.

Záverom možno zhrnúť, že v prípade skúmaného modelu slúžia dynamické vlastnosti správania na overenie správnej funkčnosti modelu, pričom pre model takéhoto charakteru nemožno využiť vlastnosti prijateľnosti.

3 Analýza štruktúry modelu pomocou invariantov

Zostavenie algebraických rovníc, ktoré opisujú invarianty miest v modeli, je ďalším nástrojom na verifikáciu správnosti zostavenia modelu. Tentoraz sa

model vyšetruje bez ohľadu na počiatkové značenie, teda výsledky závisia iba od jeho štruktúry. Na rozdiel od výpočtu stavového priestoru, ktorý by bez použitia výpočtovej techniky bol prakticky nepoužiteľný, invarianty sa zostavujú manuálne, vyžadujú intuíciu a čas analytika modelu.

V prípade posudzovaného modelu možno invariantmi preveriť korektné modelovanie pridelenia a uvoľnenia prostriedkov. Ide o prvky, ktoré v modeli nemenia svoj počet, čo už neplatí pre počet vlakov a vozňov v nich. Štruktúrna analýza taktiež abstrahuje od použitia času v modeli – sústreď sa iba na základné štruktúrne prvky Petriho siete: miesta, prechody, hrany a značky s atribútmi.

4 Výkonová analýza

Výkonová analýza zahŕňa indikátory výkonu modelu odvodené od pôvodného systému, v tomto prípade zriaďovacej stanice. Má význam iba v časovanom modeli, keďže výkon systému sa posudzuje vzhľadom na čas. Postup je zhodný s postupom v iných simulačných modeloch: potrebné údaje o vývoji simulácie sa zbierajú do simulačného protokolu, z ktorého sú po skončení spracované do štatistických ukazovateľov.

V tejto oblasti použitie Petriho siete neprináša nijakú výraznú pridanú hodnotu oproti všeobecnému diskretnému simulačnému modelu.

5 Záver

V príspevku som sa pokúsil načrtnúť možnosti farebnej Petriho siete pre analýzu modelu technologických procesov jednoduchej zriaďovacej stanice.

Keďže analýza výkonových parametrov modelovaného systému je v časovanej Petriho sieti principiálne rovnaká ako v ľubovoľnom diskretnom simulačnom modeli, hlavný prínos použitia tohto prístupu má analýza vlastností správania a štruktúry modelu.

Vlastnosti správania modelu sa odvádzajú z jeho stavového priestoru, ktorého veľkosť je prvým problémom, ktorý treba vyriešiť. V záujme získania menšieho stavového priestoru sa odporúča používať radšej nejednoznačné značky pre prvky, ktorých rozlišovanie nie je nutné a v záujme nemennej veľkosti stavového priestoru treba odstrániť z modelu náhodné vplyvy. Obidva z týchto predpokladov nemajú vplyv na skúmané dynamické vlastnosti.

Zo štruktúry modelu možno pomocou invariantov určiť niektoré vlastnosti užitočné na spoznanie systému. Táto analýza závisí od zručností analytika modelu zostavovať invarianty.

Vytvorený model spolu s analýzou prispeli k vývoju ďalšieho modelu so štruktúrou systému pridelovania prostriedkov na skúmanie stavov uviaznutia, ktoré sa rozoberajú v publikácii [5].

Literatúra

1. Češka, M. Petriho sítě. Úvod do teorie a nástrojů pro aplikaci Petriho sítí. Brno: CERM, október 1994. ISBN 80-85867-35-4.
2. Jensen, Kurt. An Introduction to the Theoretical Aspects of Coloured Petri Nets [Úvod do teoretických aspektov farbených Petriho sietí]. In: J.W. de Bakker, W.-P. de Roever, G. Rozenberg (eds.): *A Decade of Concurrency*, Lecture Notes in Computer Science vol. 803. Springer-Verlag 1994, 230-272. Dostupné na:
< http://www.daimi.au.dk/~kjensen/papers_books/rex.pdf >
3. Jensen, Kurt. Coloured Petri Nets. *Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use. Volume 1, Basic Concepts*. [Farbené Petriho siete. Základné pojmy, analytické metódy a praktické použitie. Prvý zväzok, Základné pojmy.] Monographs in Theoretical Computer Science, Springer-Verlag, 2nd corrected printing 1997. ISBN: 3-540-60943-1.
4. Sládeček, K. Model železničnej stanice v Petriho sieti. Diplomová práca. Žilina: Žilinská univerzita, 2004.
5. Žarnay, M. Coloured Petri net model of train handling in marshalling yard [Model spracovania vlaku v zriaďovacej stanici pomocou farbenej Petriho siete]. In: *14. Medzinárodné sympóziium EURNEX - Žel 2006, "Ku konkurencieschopným železničným systémom v Európe"* – Zborník prednášok, 2. diel. Žilina: EDIS Žilina, 2006, str. 168-173. ISBN 80-8070-550-X.
6. Žarnay, M. *Systém na podporu rozhodovania pre riadenie dopravných procesov*. Dizertačná práca. Žilina: Žilinská univerzita, pred dokončením.
7. Žarnay, M. Use of Petri Net for Modelling of Traffic in Railway Stations [Použitie Petriho siete na modelovanie premávky v železničnej stanici]. In: Zborník prednášok medzinárodnej konferencie *Infotrans 2004*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004.

8. Žarnay, M., Sadloň, L. Prevod sieťového grafu technologického postupu spracovania vlaku na Petriho sieť. *Horizonty dopravy*, časopis pre vedu a výskum v doprave. Žilina: Výskumný ústav dopravný, a. s., 1/2006, str. 19-25. ISSN 1210-0978.
9. Žarnay, M., Sládeček, K., Cenek, P. Modelling of Marschalling Yard Technology with Help of Petri Net [Modelovanie technológie zriaďovacej stanice pomocou Petriho siete]. In *Journal of Information, Control and Management Systems*. Žilina: University of Žilina, Faculty of Management Science and Informatics, Vol. 4, No. 1, 2006, str. 49-62. ISSN 1336-1716.

Analysis of Petri Net Model of Railway Marshalling Yard

Summary: Paper discusses analysis of coloured Petri net model of basic technological processes in railway marshalling yard. There are two kinds of analysis: model properties and performance. Analysis of model properties is the main benefit of using Petri net. Properties describe model's structure and behaviour. First, paper points out parameters that influence size of model's state space as well as variability of the size, while repeating state space calculations for an identical model. State space is used to drive properties of model's behaviour. Model's structural properties are brought by invariant analysis. This depends mainly on skills of model's analyst. Performance analysis is principally the same as analysis from general discrete simulation model. It is relevant only for timed Petri net models.

Príspevok bol spracovaný s podporou grantu Vedeckej grantovej agentúry VEGA 1/4057/07 a výskumného projektu MŠM 0021627505 – Teorie dopravních systémů.