

TVORBA MODELU DOPRAVNEJ KRIŽOVATKY POMOCOU MATLAB/STATEFLOW

Martin Foltin, Michal Blaho

Fakulta elektrotechniky a informatiky,
Slovenská technická univerzita,
Ilkovičova 3, 831 02 Bratislava, Slovenská republika

1. Úvod

Rýchly vývoj výpočtovej techniky, hardvérového ako aj softvérového vybavenia počítačov, spôsobil že aj zložité systémy sa dajú pomerne rýchlo modelovať. Na modely sa dajú ľahko aplikovať algoritmy a vykonávať rôzne experimenty. Tvorbe modelov a ich simuláciami sa zaoberá aj programový balík Matlab, ktorý obsahuje rôzne nadstavbové knižnice určené pre tento účel. Na modelovanie udalostných systémov je možné využiť produkt Stateflow, ktorý sa začleňuje do širokej rodiny produktov spoločnosti MathWorks.

Nami modelovaný udalostný systém je križovatka tvaru X. Riadenie križovatky je pomerne náročná a dôležitá úloha. V dnešnom uponáhľanom svete je dôležitý čas. Zle navrhnuté riadenie môže mať za následok hromadenie áut a tým aj niekoľko minútové zdržanie na križovatke. Veľké podniky závislé na doprave môžu takto prísť o značné finančné čiastky spôsobené jednak prestojmi a jednak zvýšenou spotrebou paliva. Tento stav sa negatívne podpíše aj na životnom prostredí.

Náš cieľ je preto navrhnúť model križovatky, ktorý by sa čo najviac blížil k reálnej situácii a tým umožniť návrh sofistikovaného riadenia.

2. Stateflow

Stateflow je graficko-návrhový a vývojový nástroj na simulovanie komplexných reakčných systémov. Zakladá sa na teórii konečného stavového automatu. Jedinečnosť programu Stateflow je skrytá v jeho plnej integrácii do výpočtového prostredia Matlab/Simulink. Je to rozsiahly výrobok, ktorý sa dá spustiť pod Microsoft Windows alebo na UNIX systémoch.

V Stateflow môžeme:

- Vizualizovať model a simulovať komplexné reakčné systémy založené na konečnom stavovom automate
- Navrhnúť a vyvíjať deterministické, dozorné riadiace systémy
- Ľahko meniť návrh, vyhodnotiť výsledky a overiť správanie sa systému v hociktorej etape nášho návrhu
- Využiť výhodu integrácie Matlabu a Simulinku na model, simuláciu a analýzu systému

Aplikácie, ktoré využívajú výhody Stateflow:

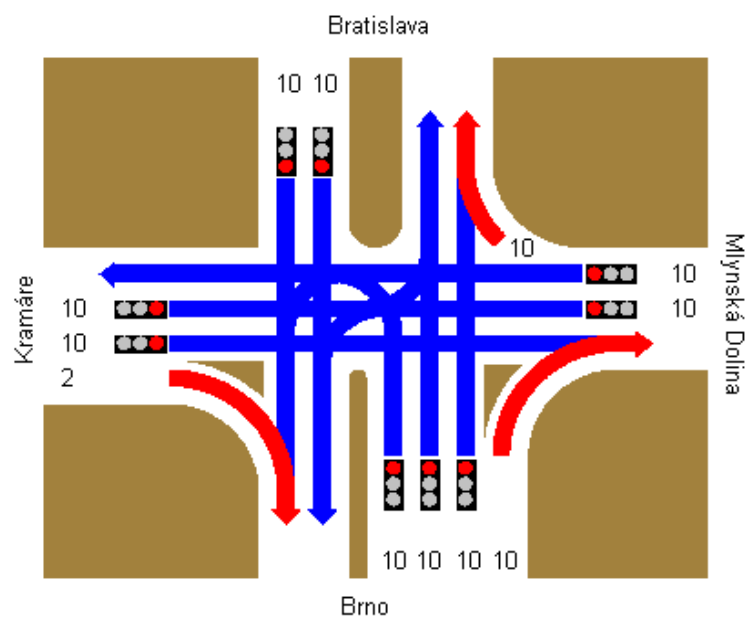
- 1) Vnorené systémy
 - Letectvo, automobily, telekomunikácie, komerčná oblasť (počítačové rozhrania), PLC, výroba
- 2) Človek – stroj rozhranie (MMI)
 - Interface pre používateľa
- 3) Hybridné systémy
 - Systémy na kontrolu vzdušnej dopravy (DSP+riadenie+MMI)

Môžeme použiť rôzne postupy tvorby modelov. Najskôr navrhnuť model so Stateflow riadením a potom vytvoriť Simulink model. Tiež je možné navrhnuť model zo Simulinku a neskôr pridať Stateflow diagramy. Môže sa stať, že máme hotový model a je výhodnejšie ak nahradíme Simulink bloky so Stateflow diagramami. Prístupy, ktoré zvolíme rozhodujú ako a v akých postupnostiach vyvíjame rôzne časti modelu.

Objekty Stateflow sa delia na grafické a negrafické. Medzi grafické patrí stav, prechod, štandardný prechod, uzol, historický uzol, box a funkcia. Grafické objekty nám pomáhajú sledovať dianie vo vnútri modelu (napr. aktivitu stavov, prechody medzi nimi). Medzi negrafické patria udalosti, dáta a cieľové objekty. Negrafické objekty ovplyvňujú správanie sa modelu (sú nositeľmi údajov).

3. Križovatka Patrónka - opis

Križovatku Patrónka môžeme považovať za systém s viacerými vstupmi a viacerými výstupmi. Má približne tvar písmena X, čo je v podstate najčastejší tvar križovatiek. Ako je vidieť aj na Obr. 1. autá prichádzajú zo štyroch smerov – Bratislava, Brno, Kramáre a z Mlynskej doliny.



Obr. 1 Križovatka Patrónka

Samozrejme aj v tomto systéme existujú obmedzenia preto sa autá môžu pohybovať len v určitých smeroch, ktoré určujú kombinácie semaforov. V križovatke sa menia štyri kombinácie semaforov:

1. Bratislava – Brno, Brno – Bratislava
2. Mlynská Dolina – Kramáre, Mlynská Dolina – Brno
3. Kramáre – Mlynská Dolina, Kramáre – Bratislava
4. Brno – Kramáre, Brno – Bratislava

V križovatke sú ešte tri smery, ktoré nie sú riadené semaforom a to Mlynská Dolina – Bratislava, Kramáre – Brno a Brno – Mlynská Dolina. Na Obr. 1. sú znázornené červenou farbou. Autá musia v týchto smeroch dať prednosť autám, ktoré križujú ich trasu.

Časy žltej farby na semaforochoch sme namerali a sú uvedené v Tab.1. Dĺžka zelenej farby je daná riadením.

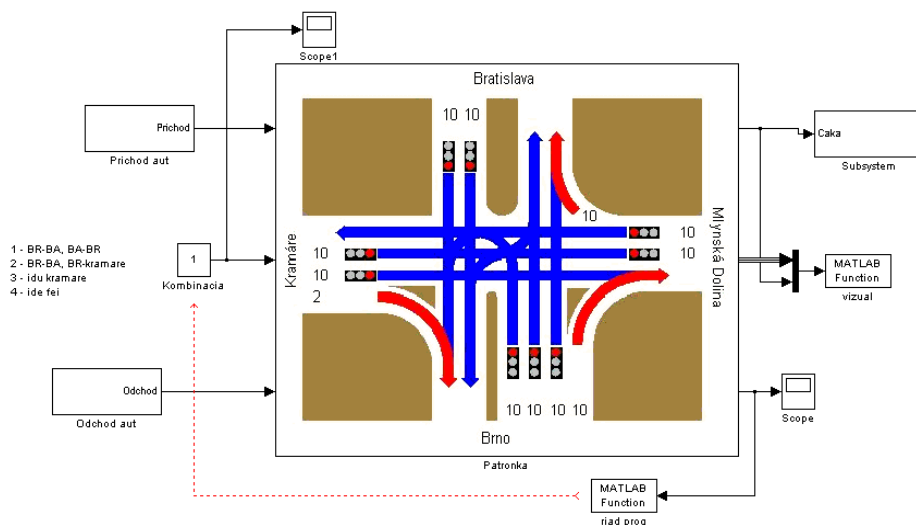
Tab. 1 čas trvania žltej farby na semaforochoch

Postupnosť svetiel	čas žltej [s]
červená-žltá-zelená	2
zelená-žltá-červená	3

4. Križovatka Patrónka - Simulink

Model križovatky využíva viacero častí programového balíka Matlab. Model pozostáva z dvoch úrovní. Nižšia úroveň je vytvorená v prostredí Stateflow a reprezentuje elementárne funkcie udalostného systému. Nadradenú vrstvu tvorí schéma v Simulinku, ktorá koordinuje činnosť modelu v Stateflow.

Časť modelu vytvorená v Simulinku predstavuje nadradenú úroveň pre udalostný systém. Počas svojho behu využíva výstupné signály z udalostného modelu, ktoré spracúva, vyhodnocuje a následne určuje potrebné vstupné signály pre udalostný systém. Schéma modelu vytvorená v Simulinku je uvedená na Obr. 2.



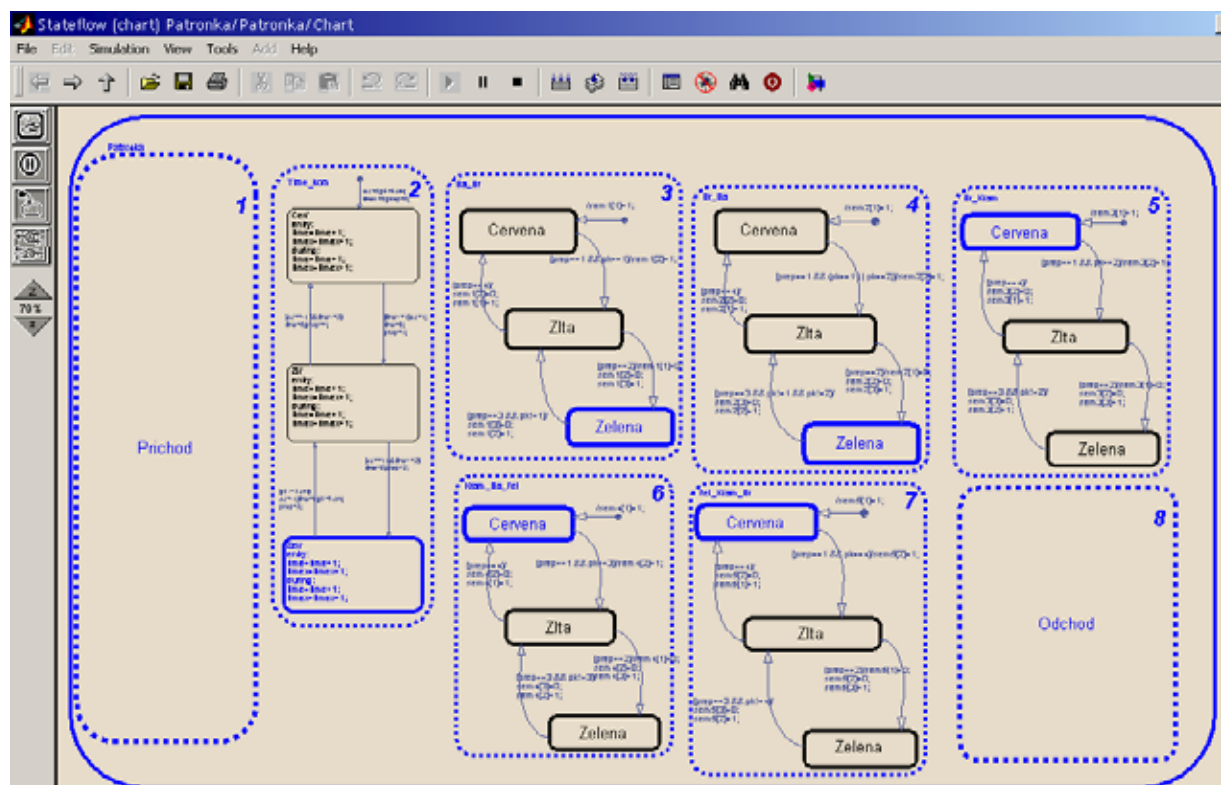
Obr. 2 Schéma v Simulinku

Do modelu vstupujú 3 signály. Vstup áut do križovatky a odchod áut z križovatky sú generované náhodne. Signály sa generujú vo funkciách, ktoré sme vytvorili ako Matlab Function. Výnimkou je signál kombinácia semaforov. Ten sa na základe výstupov z modelu môže meniť. Práve tu je priestor na použitie rôznych algoritmov ako pevne stanovené časy, fuzzy logika a ďalšie. V našom prípade sme použili pevne dané časy.

Model udalostného systému nám ponúka niekoľko výstupov. Počet áut čakajúcich na križovatke, stavy semaforov a čas v modeli. Výstupy sa spracovávajú na grafické znázornenie križovatky a ako údaje na výpočet riadiacich algoritmov.

5. Križovatka Patrónka – Stateflow

Križovatku sme namodelovali ako viacúrovňový udalostný systém (stavy majú ďalšie podstavy). Program pracuje v nekonečnej slučke. Beh programu (kontrola stavov, prechody, zistenie vstupov a ďalšie iné) sa opakuje každú sekundu. V modeli sa nachádza 8 podstavov s dekompozíciou extended OR čo je vidno aj na nasledujúcom schéme (Obr. 3).



Obr. 3 Schéma v Stateflow

Prvý a posledný stav nám zabezpečuje príchod áut na križovatku a odchod áut z križovatky. V týchto dvoch stavoch sa vykonávajú aritmetické a logické operácie potrebné na pohyb áut v križovatke.

Dôležitým stavom je Časovač. Je potrebný na koordinovanie ďalších stavov. Má tri podstavy. V každom sa inkrementuje čas v modeli a aj čas v stave. Na začiatku simulácie sa nastaví na stav červená. Po ďalšej sekunde sa prepne do stavu žltá. Tam čaká dve sekundy (čo je zrejme aj podľa Tab. 1). Po tomto čase nastane stav zelená. Teraz bude časovač čakať na zmenu kombinácie. Ak riadenie zmení kombináciu prejde sa do stavu žltá, kde sa bude čakať tri sekundy (Tab. 1). Potom nastane stav červená a celý cyklus časovača sa opakuje znova.

Stavy tri až sedem reprezentujú samostatné semaforey. Každá kombinácia má svoj stav. Výnimkou je jeden stav (na obrázku ako stav 4), ktorý sa objavuje v dvoch kombináciách. Stavy pracujú na základe stavov v časovači. Podľa kombinácie v križovatke sa stavy prepínajú v tom istom stave ako časovač.

6. Riadenie

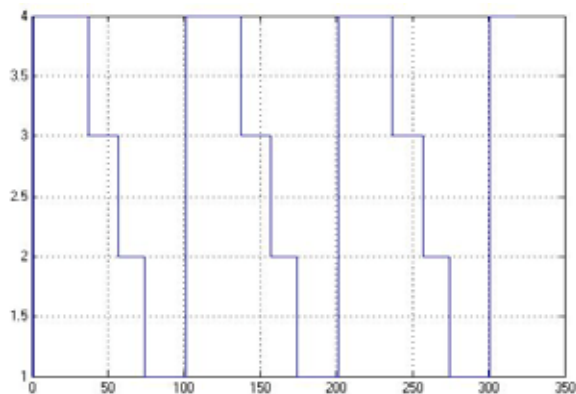
Riadenie križovatiek je pomerne zložitý proces. Asi hlavným cieľom všetkých metód je aby križovatkou prešlo čo najviac áut za určitý čas. Návrh sa robí na základe rôznych parametrov. Uvediem dva pohľady na riadenie.

- a) Prvý pohľad na riadenie je najpoužívanejší na Slovensku. Križovatka sa riadi takpovediac staticky. Každá kombinácia smerov má určené časy jednotlivých svetiel v semaforoch. Tie boli určené na základe štatistických vyhodnotení. Kombinácie sa cyklicky opakujú. Takto je riadená aj križovatka Patrónka. Výhody takéhoto riadenia je hlavne nepotrebnosť meracích zariadení a jednoduchosť riešenia. Medzi nevýhody patrí hlavne fakt, že autá musia zbytočne čakať aj keď v ďalšom smere nestojí žiadne auto. Tento fakt ma neraz za dôsledok, že sa v niektorých smeroch kopia autá a v iných je takpovediac prázdno.
- b) Modernejší pohľad na riadenie sa začína objavovať hlavne v zahraničí. Ide o dynamické riadenie križovatky. Jednotlivé kombinácie sa určujú na základe počtu áut v križovatke. Ako je možné zmerať počet áut? Priamo v ceste sú zabudované snímače, ktoré signalizujú prechod auta. Takto sa dá približne zmerať počet áut do určitej vzdialenosti od hranice križovatky. Podľa počtu sa potom vyhodnocuje najlepšia kombinácia, ktorá pustí najvyťaženejší smer. Výhodou tohto riešenia je väčšia priepustnosť keďže autá nečakajú zbytočne na prázdne smery a takisto väčšia objektivita. Medzi nevýhody sa dajú počítať vysoké náklady na snímacie zariadenia a zložitosť algoritmov.

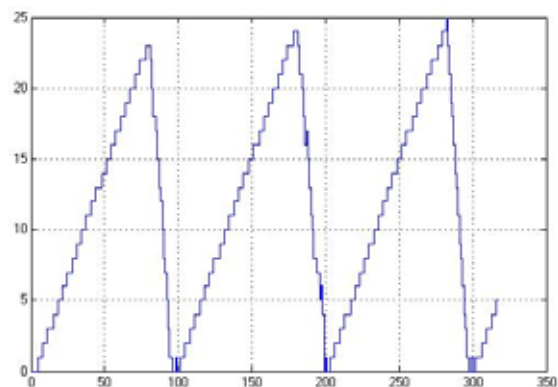
Oba pohľady majú svoje výhody, ale aj nevýhody. Aj keď sa ešte stále používa prvý prístup, pomaly sa uplatňuje ten druhý. Aj keď sú náklady väčšie ide o dobrú investíciu. Moderné metódy využívajú hlavne fuzzy logiku.

7. Experiment

Vytvorený model sme overili simulačne. Ako riadiaca stratégia bola zvolená možnosť s pevne stanovenou dĺžkou trvania jednotlivých kombinácií. Na Obr. 4a je zobrazená kombinácia semaforov v čase a na Obr. 4b počet áut čakajúcich v smere Bratislava - Brno. Je zrejmé, že pokiaľ je kombinácia semaforov rôzna od 1, tak autá postupne pribúdajú, nakoľko je v tomto smere červená. Keď sa však semaforey prepnú na kombináciu 1. tak autá v tomto smere ubúdajú.



Obr. 4a



Obr. 4b

Stav na križovatke Patrónka počas simulácie. Kombinácia svetiel (4a) a počet áut v smere Bratislava-Brno (4b)

8. Záver

Pomocou programového balíka Matlab a jeho nastavbových knižníc Simulink a Stateflow je možné tvoriť udalostné systémy určené na modelovanie dopravných situácií. Pomocou vytvoreného modelu je možné začať vývoj a testovanie moderných metód riadenia v tejto oblasti. Ako perspektívne sa ukazujú nelineárne riadiace systémy založené na fuzzy logike. Nástup týchto moderných technológií ale brzdí príliš vysoká cena hlavne meracích zariadení a preto majú stále miesto konvenčné riadiace algoritmy s pevne definovaným časovým cyklom. S použitím kvalitného modelu je však možné nájsť aj optimálne rozvrhnutie jednotlivých časových úsekov v pevne stanovenom cykle.

9. Literatúra

- [1] Mathworks: Uživatelská príručka k Matlabu, verzia 6.5
- [2] B. Nemeč: Využitie programového balíka Matlab a jeho nástroja Stateflow na riadenie diskretných udalostných systémov, diplomová práca, Slovenská technická univerzita v Bratislave Fakulta elektrotechniky a informatiky Katedra automatizovaných systémov riadenia, 2001
- [3] Vývoj dopravnej situácie v Bratislave za obdobie rokov 1990 - 2000, Magistrát hlavného mesta SR Bratislavy, 2000

Kontakt :

Tel : ++421 2 602 91 506 E-mail : foltin@kasr.elf.stuba.sk