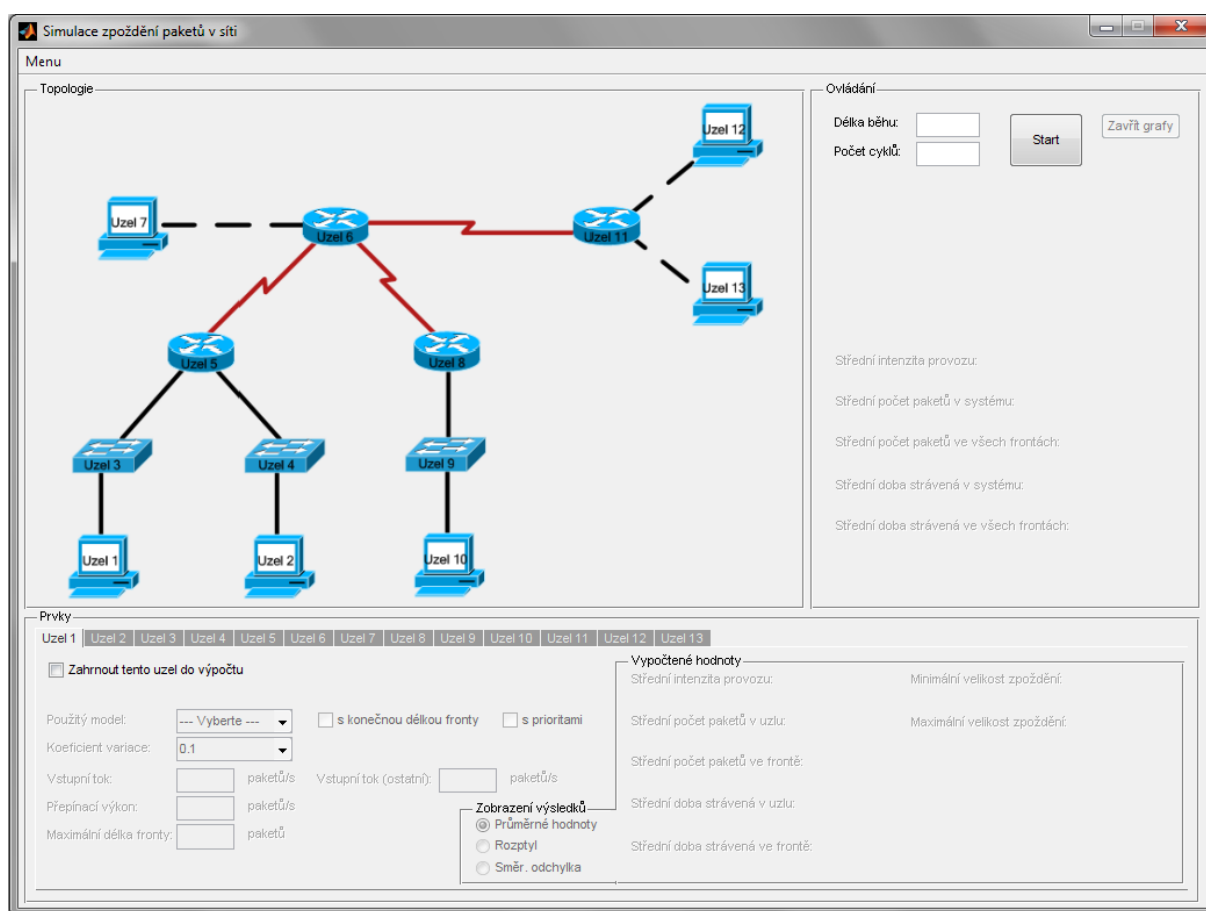


## Popis a ovládání programu pro simulaci zpoždění paketů v síti

### Úvodní popis

Tento program využívá metod a poznatků z teorie hromadné obsluhy k modelování síťových prvků. Jednotlivé uzly sítě vycházejí ze dvou modelů dle Kendallovy klasifikace obsluhových systémů a jsou doplněny o několik dalších nastavení. Modelovaná síť má pevně danou topologii, uživatel si může zvolit modelování konkrétního uzlu či „cesty“ přes více uzlů. Výsledkem simulace je množina parametrů charakterizující daný uzel a také grafy zobrazující průběh zpoždění paketů, proměnlivost tohoto zpoždění a úroveň zaplnění front (vyrovnávacích pamětí) uzlů.



Obr. 1: Hlavní okno programu

Hlavní okno programu, zobrazené na obr. 1, se skládá ze tří hlavních částí:

- v levé horní části je zobrazena topologie sítě umožňující přesnou orientaci při určování uzlů, které budou simulovány. Tato topologie je pevně daná a neměnná.

- Spodní část hlavního okna programu zabírá box s kartami jednotlivých uzlů sítě a spojovacích linek. V této části se nastavují vstupní parametry pro jednotlivé uzly a zároveň jsou zde také zobrazeny výsledky simulace pro konkrétní uzel.
- Poslední částí je panel ovládání, který se nachází v pravé horní části. Obsahuje jednak tlačítka pro ovládání programu a také zobrazuje celkové výsledky simulace ze všech prvků, které byly do simulace zahrnuty.

## Práce s programem

Po spuštění programu uživatel nejprve s pomocí obrázku topologie určí, které uzly budou zahrnuty do simulace. Následně těmto uzlům nastaví potřebné vstupní parametry.

Obr. 2: Nastavení vstupních parametrů uzlu

Každý uzel, který má být součástí simulace je nejprve nutné zahrnout do simulace pomocí stejnojmenného zaškrtačacího políčka v levé polovině záložky každého uzlu, viz obr. 2. Tím se aktivuje další položka pro výběr modelu, pomocí kterého bude daný uzel simulován. K dispozici jsou dva modely –  $M/M/1$  a  $M/G/1$ . U modelu  $M/G/1$  může uživatel zvolit doplňující charakteristiku, tzv. koeficient variace, který určuje, jaké rozložení bude mít doba obsluhy paketu. Spolu s modelem  $M/M/1$  jsou tak k dispozici tři druhy rozložení doby obsluhy: Erlangovo, exponenciální a hyperexponenciální. Rozložení příchodu paketů má u obou modelů shodně exponenciální charakter.

Oba typy modelu mají dva doplňující parametry: prvním je možnost zvolit konečnou délku fronty (vyrovnávací paměti), tj. při dosažení stanoveného počtu paketů ve frontě budou případné další přicházející pakety zahazovány. Druhým doplňujícím parametrem je režim priorit – v tom případě je vstupní tok rozdělen na dva toky a jeden z nich je upřednostňován před druhým. Je zde uplatněna časová nepreemptivní priorita. Vstupní parametry uživatel zadává do příslušných polí. Vstupní tok představuje počet paketů, které do uzlu přijdou během jedné vteřiny. Přepínací výkon udává počet paketů, které je uzel schopen během jedné vteřiny obsloužit. Orientační tabulku přepínacích výkonů některých reálných síťových prvků

lze zobrazit pomocí stejnojmenné volby v menu programu. Obecně platí, že vstupní tok(y) musí být minimálně 2 pakety. Přepínací výkon musí být větší jak vstupní tok (či součet prioritního a ostatního vstupního toku) – to proto, aby byla zachována podmínka stability. Minimální délka fronty uzlu je 1 paket.

Pravá polovina záložky každého uzlu obsahuje výstupní parametry každého uzlu. Tyto hodnoty se zobrazí po provedení simulace. Uživatel má možnost pomocí přepínače zobrazit buď průměrné hodnoty, jejich rozptyl nebo směrodatnou odchylku. Pro každý uzel jsou sledovány následující hodnoty:

- **Intenzita provozu** – podíl počtu čekajících paketů a celkového počtu paketů
- **Počet paketů v uzlu** – počet paketů, které se nachází v zařízení (čekají ve frontě na obsluhu a jsou právě obsluhovány)
- **Počet paketů ve frontě** – počet paketů, které čekají ve frontě na obsluhu
- **Doba strávená v uzlu** – doba paketu v uzlu (od příchodu paketu až po jeho obsloužení a opuštění uzlu)
- **Doba strávená ve frontě** – doba paketu ve frontě – od příchodu paketu po začátek obsluhy paketu
- **Minimální velikost zpoždění** – udává nejmenší dobu, kterou některý z odeslaných paketů stráví v uzlu
- **Maximální velikost zpoždění** – udává nejdelší dobu, kterou některý z odeslaných paketů stráví v uzlu

Vypočtené hodnoty	
Střední intenzita provozu: <b>0.74717</b>	Minimální velikost zpoždění: <b>0.002839</b>
Střední počet paketů v uzlu: <b>2.5073</b>	Maximální velikost zpoždění: <b>0.012585</b>
Střední počet paketů ve frontě: <b>1.7682</b>	Počet zahozených paketů v uzlu: <b>4.18</b>
Střední doba strávená v uzlu: <b>0.0097584</b>	Ztrátovost paketů v uzlu: <b>1.3933 %</b>
Střední doba strávená ve frontě: <b>0.0072294</b>	

Obr. 3: Vypočtené hodnoty (bez priorit)

Pokud uživatel zvolil model s konečnou délkou fronty, je navíc zobrazen také **počet zahozených paketů v uzlu** a **ztrátovost paketů** (poměr zahozených paketů a celkem vyslaných paketů) viz obr. 3.

Vypočtené hodnoty			
Střední intenzita provozu:	Minimální velikost zpoždění (PRI,OST,BEZ):*		
<b>0.87429</b>	<b>0.0025015</b>	<b>0.012621</b>	<b>0.0024491</b>
Střední počet paketů v uzlu:	Maximální velikost zpoždění (PRI,OST,BEZ):*		
<b>5.3667</b>	<b>0.013726</b>	<b>0.071118</b>	<b>0.021521</b>
Střední počet paketů ve frontě:			
<b>4.4851</b>			
Střední doba strávená v uzlu (PRI,OST,BEZ):*			
<b>0.010704</b>	<b>0.048794</b>	<b>0.016413</b>	
Střední doba strávená ve frontě (PRI,OST,BEZ):*			
<b>0.0082189</b>	<b>0.046309</b>	<b>0.01393</b>	
			* PRI = prioritní tok, OST = ostatní tok, BEZ = tok bez aplikace priorit

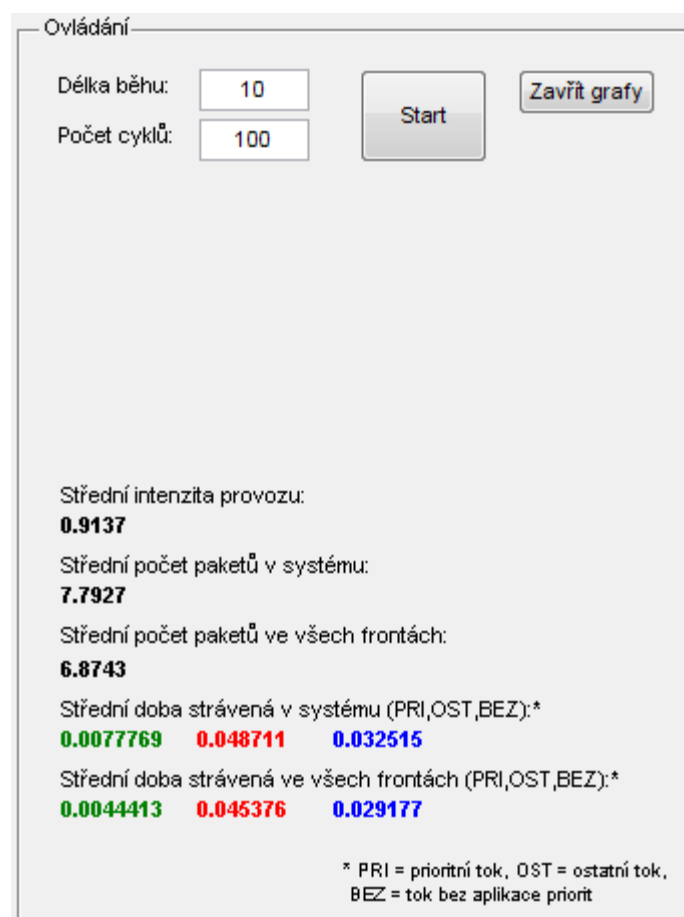
Obr. 4: Vypočtené hodnoty (s prioritami)

Pokud uživatel zvolil model s prioritami, jsou u položek doby strávené v uzlu, doby strávené ve frontě, minimální velikost zpoždění a maximální velikost zpoždění uvedeny hodnoty pro prioritní tok – označené zeleně, pro ostatní tok – označené červeně a pro porovnání i hodnoty pro případ, že by nebyl použit model s prioritami – modře označené hodnoty. Tato situace je znázorněna na obr. 4.

Před samotným spuštěním simulace je potřeba zadat délku simulace (zadáva se v sekundách) a počet cyklů – tj. počet opakování náhodného pokusu. Počet opakování má vliv na dobu běhu simulace a v některých případech může být omezen velikostí dostupné operační paměti počítače, na kterém je program provozován. Velmi vysoký počet opakování také může vést k překročení maximální velikostí polí, se kterými dokáže program zpracovat (závisí na systému, na kterém je program provozován a na velikosti operační paměti). Na tyto skutečnosti je uživatel před zahájením simulace upozorněn.

Tlačítko start slouží pro začátek simulace. Dále se zde nachází tlačítko pro skrytí výsledných grafů.

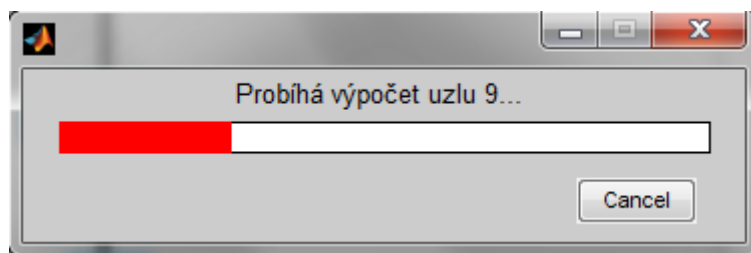
Po provedení simulace jsou zobrazeny hodnoty výstupních parametrů pro celý systém, viz obr. 5, jejich popis odpovídá popisu parametrů pro jednotlivé uzly uvedenému výše.



Obr. 5: Panel ovládání a celkových výsledků

## Spuštění simulace

Po kliknutí na tlačítko start je spuštěna simulace dle zadaných parametrů. Průběh výpočtu jednotlivých uzlů je znázorněn pomocí dialogových oken, viz obr. 6. Kliknutím na tlačítko Cancel v dialogovém okně zobrazující průběh výpočtu lze simulaci kdykoliv zastavit.



Obr. 6: Zobrazení probíhajícího výpočtu

Po dokončení simulace je zobrazena trojice grafů:

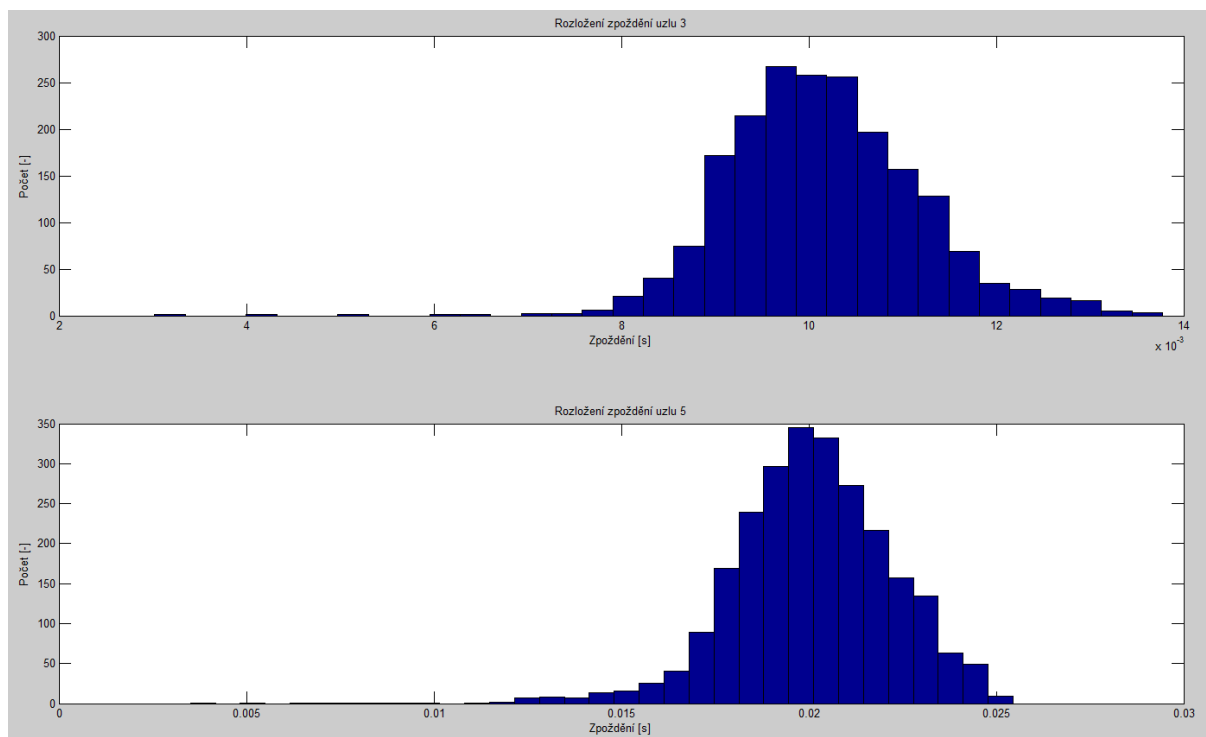
První graf zobrazuje vývoj zpoždění jednotlivých paketů procházejících uzlem (uzly). Na vodorovné je pro lepší přehlednost místo hodnot označujících čas zvoleno označení jednotlivých uzlů, přes které paket putuje. Pokud uživatel u některého ze zvolených uzlů

zvolil model s prioritami, pak budou v grafu zobrazeny tři křivky – pro prioritní pakety, pro ostatní pakety a pro všechny pakety bez priorit. Jednotlivé křivky jsou barevně označeny a toto barevné označení odpovídá i barvám ve výsledkové části programu. Světlejší plochy vymezují rozptyl hodnot ze všech realizací. Při velkém množství paketů vstupujících do uzlu nejsou v grafu znázorněny všechny pakety z důvodu zachování přehlednosti a lepší vypovídající hodnotě grafu. Příklad tohoto grafu uvádí obr. 7.



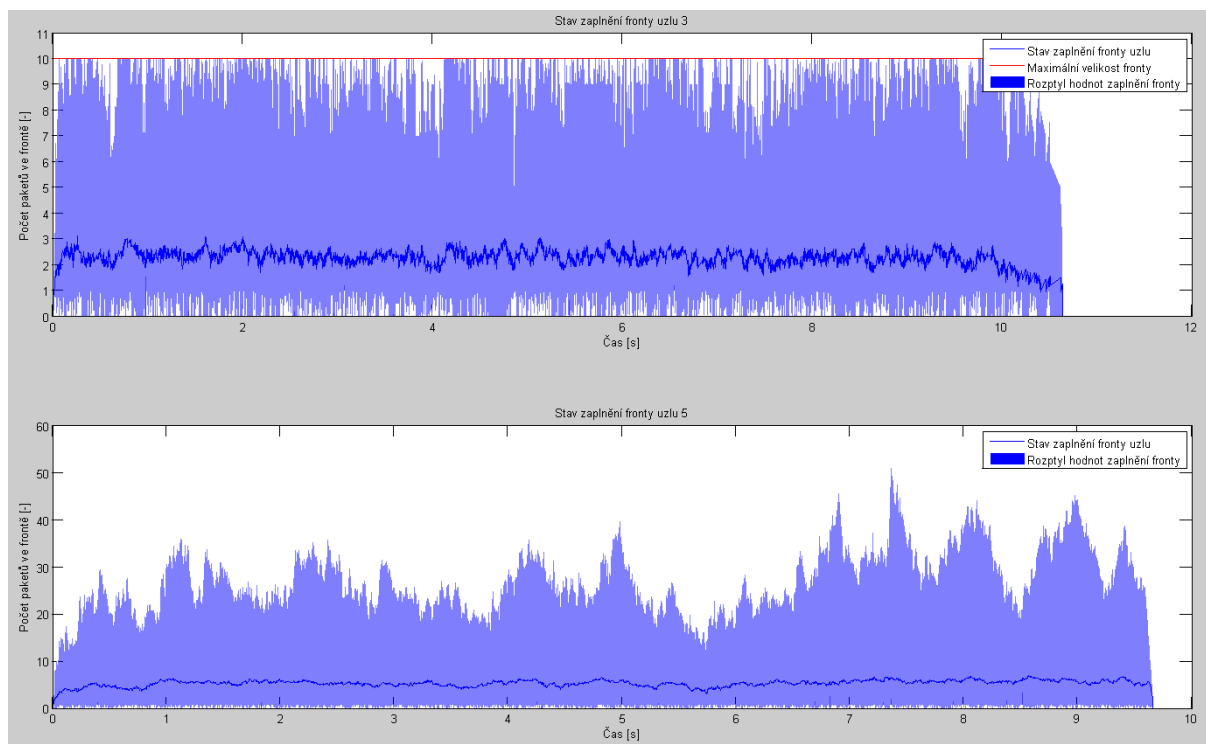
**Obr. 7: Graf zpoždění paketů**

Druhý graf zobrazuje histogram rozložení zpoždění paketů na jednotlivých uzlech. Rozložení zpoždění je zobrazeno pro každý uzel zvlášť, tedy s větším počtem zvolených uzlů je zobrazeno větší množství grafů. Příklad je uveden na obr. 8.



**Obr. 8: Graf rozložení zpoždění paketů**

Třetí graf znázorňuje stav zaplnění fronty jednotlivých uzlů. Je zde zachyceno průměrné zaplnění fronty v průběhu času, světlejší barva ohraničuje oblast hodnot ze všech realizací. Zaplnění fronty je opět zobrazeno pro každý uzel zvlášť. Pokud uživatel zvolil model s konečnou délkou fronty, je graf doplněn o barevně odlišenou přímku představující maximální velikost fronty. Příklad tohoto grafu uvádí obr. 9.



Obr. 9: Graf zaplnění vyrovnávací paměti uzlů

### Doplňující poznámky

- Program lze ukončit vybráním položky z menu či uzavřením hlavního okna programu
- Grafy je možné zobrazovat a skrývat pomocí tlačítka v ovládacím panelu.