

ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI

FAV *Fakulta
aplikovaných
věd*

Výkonnost a spolehlivost číslicových systémů

Standardní zadání

Jméno a příjmení: Jan Tichava
Osobní číslo: A07103
E-mail: jtichava@students.zcu.cz
Narozen: 23. březen 1984

1. Zadání

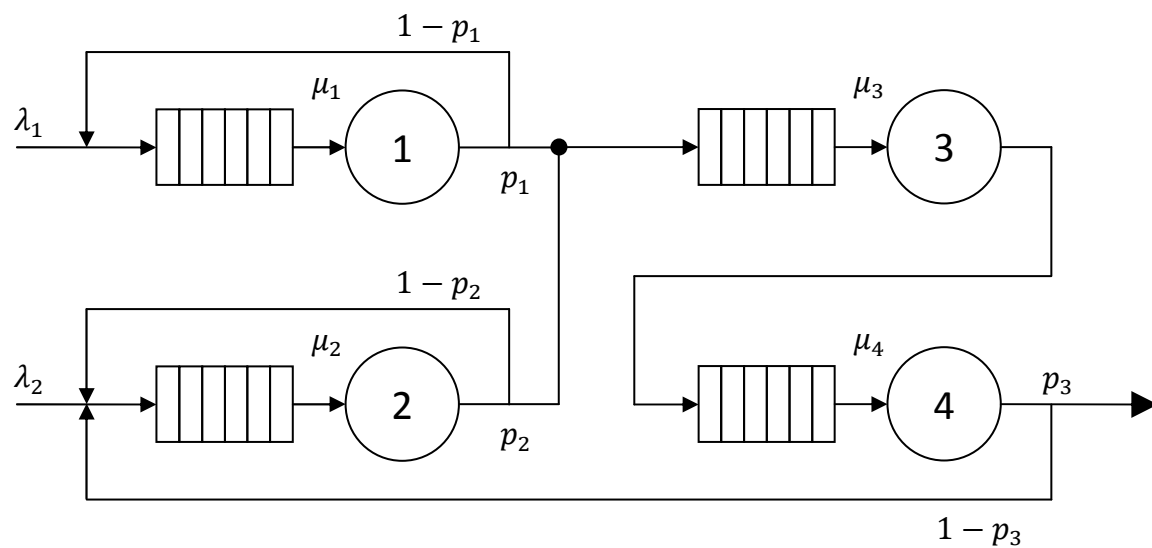
1. Vymyslete si otevřenou síť front (tj. propojení, vstupní proudy) obsahující alespoň 4 obslužné uzly (jeden kanál, fronta FIFO, neomez. délka), alespoň 2 vstupní proudy požadavků, alespoň 2 vnitřní zpětné vazby.
2. Parametry sítě (tj. střední frekvence vstupních proudů, střední doby obsluhy v jednotlivých kanálech a p-ti větvení) zvolte tak, aby síť pracovala ve stacionárním režimu. Doporučená hodnota zatížení pro všechny uzly: $\rho > 0.5$.
3. Určete výpočtem střední frekvence toků v uzlech. Dále určete veličiny L_q a T_q pro jednotlivé uzly a L_q a T_q pro celou síť pro případ, že všechny vstupní toky jsou Poissonovské a doby obsluhy ve všech uzlech mají exponenciální rozdělení.
4. Vypočtené hodnoty ověřte vlastnoručně vytvořeným simulačním programem. Použijte simulační knihovnu C-Sim nebo J-Sim.
5. Dále uvažujte případ, kdy všechny náhodné časové intervaly v modelu (příchody, obsluhy) mají Gaussovské pravděpodobnostní rozdělení $N(a, \sigma)$ s (různou) střední hodnotou zvolenou v bodě 2. Vytvořte generátor tohoto rozdělení jako funkci v jazyce C nebo Java (s parametry např. a, σ) a testováním ověřte správnou funkci generátoru - chce se tedy po Vás vytvoření a prokázání správné funkce generátoru, který napíšete VY - využít můžete pouze knihovní funkce pro generování rovnoměrného rozdělení (jako v průběžném příkladu č. 1). Použití knihovní funkce pro Gaussovo rozdělení z J-SIMu se nepočítá!
6. Simulací ověřte chování sítě (tj. určete stejné veličiny jako v bodech 3) a 4) pro případ, že všechna rozdělení (příchody, obsluhy) budou mít hustotu $N(a, \sigma)$ se stejnou střední hodnotou jako pro exponenciální rozdělení alespoň pro 3 různé hodnoty koeficientu variace $C_v = \sigma/a$. Pokuste se o poměrně odlišné koeficienty, ať je vidět rozdíl v chování systému (např. 0.05 - tj. skoro konstantní generátor, 0.2 a 0.7 - ale to je pouze příklad). Poznámka: Simulační program je stejný jako v bodě 4, ale volá se jiný generátor podle bodu 5.
7. Simulační program upravte pro sledování další individuálně zadaných výkonnostních charakteristik sítě.
8. Řešení zpracujte formou písemného referátu (cca 10 stran, grafy, tabulky, barevné obrázky, hudební vložky, multimedia ap. - berte to jako přípravu na diplomku, navíc vlastní referát lze využít při zkoušce).

Dokumentace bude mimo jiné obsahovat všechny body, které měla obsahovat průběžná semestrální práce číslo 4 - tedy detailní analýzu, dále pak popis použitého algoritmu generování náh. čísel, výsledky simulací pro různé vstupní parametry a jejich srovnání s teoretickými výpočty, závěr, atd...

2. Sít' front, parametry sítě

Simulace úřadu:

- 1 - Podání žádosti elektronicky (terminál na úřadě)
- 2 - Podání žádosti papírově
- 3 - Zakoupení kolku
- 4 - Potvrzení žádosti



$$\lambda_1 = 1$$
$$\lambda_2 = 0,8$$

$$p_1 = 0,6$$
$$p_2 = 0,9$$
$$p_3 = 0,95$$

$$\mu_1 = 2$$
$$\mu_2 = 1,4286$$
$$\mu_3 = 3,3333$$
$$\mu_4 = 2,5$$

3. Hodnoty v síti

Střední doba obsluhy

$$T_{s_1} = \frac{1}{\mu_1} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$T_{s_2} = \frac{1}{\mu_2} = \frac{1}{1,4286} = 0,7$$

$$T_{s_3} = \frac{1}{\mu_3} = \frac{1}{3,3333} = 0,3$$

$$T_{s_4} = \frac{1}{\mu_4} = \frac{1}{2,5} = 0,4$$

Střední frekvence toků v uzlech

$$\Lambda_A = \lambda_1 = 1$$

$$\Lambda_B = \lambda_2 = 0,8$$

$$\Lambda_1 = \lambda_1 + (1 - p_1) \cdot \Lambda_1 = 1 + (1 - 0,6) \cdot \Lambda_1 = 1,6666$$

$$\Lambda_2 = \lambda_2 + (1 - p_2) \cdot \Lambda_2 + (1 - p_3) \cdot \Lambda_4 = 0,8 + (1 - 0,9) \cdot \Lambda_2 + (1 - 0,95) \cdot 1,9277 = 1,0309$$

$$\Lambda_3 = p_1 \cdot \Lambda_1 + p_2 \cdot \Lambda_2 = 0,6 \cdot 1,6666 + 0,9 \cdot 1,0309 = 1,9277$$

$$\Lambda_4 = \Lambda_3 = 1,9277$$

Zatížení uzlů

$$\rho_1 = \Lambda_1 \cdot T_{s_1} = 1,6666 \cdot 0,5 = 0,8333$$

$$\rho_2 = \Lambda_2 \cdot T_{s_2} = 1,0309 \cdot 0,7 = 0,7216$$

$$\rho_3 = \Lambda_3 \cdot T_{s_3} = 1,9277 \cdot 0,3 = 0,5783$$

$$\rho_4 = \Lambda_4 \cdot T_{s_4} = 1,9277 \cdot 0,4 = 0,7711$$

Zatížení je v intervalu $(0,5;1)$, čili je ve stabilním stavu.

Střední počet požadavků v uzlech

$$L_{q_1} = \frac{\rho_1}{1 - \rho_1} = \frac{0,8333}{1 - 0,8333} = 5,0000$$

$$L_{q_2} = \frac{\rho_2}{1 - \rho_2} = \frac{0,7216}{1 - 0,7216} = 2,5920$$

$$L_{q_3} = \frac{\rho_3}{1 - \rho_3} = \frac{0,5783}{1 - 0,5783} = 1,3715$$

$$L_{q_4} = \frac{\rho_4}{1 - \rho_4} = \frac{0,7711}{1 - 0,7711} = 3,3689$$

Střední délka fronty

$$L_{w_1} = L_{q_1} - \rho_1 = 5,0000 - 0,8333 = 4,1667$$

$$L_{w_2} = L_{q_2} - \rho_2 = 2,5920 - 0,7216 = 1,8704$$

$$L_{w_3} = L_{q_3} - \rho_3 = 1,3715 - 0,5783 = 0,7932$$

$$L_{w_4} = L_{q_4} - \rho_4 = 3,3689 - 0,7711 = 2,5978$$

Průměrná doba průchodu požadavku uzly

$$T_{q_1} = \frac{L_{q_1}}{\Lambda_1} = \frac{5,0000}{1,6666} = 3,0001$$

$$T_{q_2} = \frac{L_{q_2}}{\Lambda_2} = \frac{2,5920}{1,0309} = 2,5143$$

$$T_{q_3} = \frac{L_{q_3}}{\Lambda_3} = \frac{1,3715}{1,9277} = 0,7114$$

$$T_{q_4} = \frac{L_{q_4}}{\Lambda_4} = \frac{3,3689}{1,9277} = 1,7476$$

Průměrná doba průchodu požadavku frontou

$$T_{w_1} = \frac{L_{w_1}}{\Lambda_1} = \frac{4,1667}{1,6666} = 2,5001$$

$$T_{w_2} = \frac{L_{w_2}}{\Lambda_2} = \frac{1,8704}{1,0309} = 1,8143$$

$$T_{w_3} = \frac{L_{w_3}}{\Lambda_3} = \frac{0,7932}{1,9277} = 0,4115$$

$$T_{w_4} = \frac{L_{w_4}}{\Lambda_4} = \frac{2,5978}{1,9277} = 1,3476$$

Střední počet požadavků v síti

$$L_q = \sum_{i=1}^4 L_{q_i} = L_{q_1} + L_{q_2} + L_{q_3} + L_{q_4} = 5,0000 + 2,5920 + 1,3715 + 3,3689 = 12,3324$$

Střední doba průchodu požadavku síti

$$T_q = \frac{L_q}{\Lambda} = \frac{L_q}{\lambda_1 + \lambda_2} = \frac{12,3324}{1 + 0,8} = 6,8513$$

4. Simulace

Použil jsem program z okruhu 4 pouze s minimálními změnami. V době psaní semestrální práce nebyl okruh 4 ještě opravný, proto předpokládám a doufám, že úloha byla správně.

Základní popis tříd

package vsp

CommandLine

Parsuje a uchovává parametry příkazové řádky

Generator

Generátor transakcí

QueueWithServer

Fronta s přiděleným serverem

Server

Obslužný server

Statistics

Shromažďuje a vyhodnocuje statistiku fronty na kolek

Transaction

Transakce ke zpracování

Vsp

Hlavní třída, která spouští celou simulaci

package vsp.config

Config – interface

ConfigExp implements Config

Konfigurace pro exponenciální rozdělení

ConfigGauss implements Config

Konfigurace pro Gaussovske rozdělení

package vsp.readConfig

ReadConfig - abstract class

ReadConfigExp extends ReadConfig

Načtení konfiguračního souboru pro exponenciální rozdělení

ReadConfigGauss extends ReadConfig

Načtení konfiguračního souboru pro Gaussovske rozdělení

package vsp.gaussian

Box

Ukládá základní informace pro vylučovací metodu

Gaussian

Generuje Gaussovske rozdělení

Histogram

Generuje histogram, ponecháno z historických důvodů

Params

Parametry příkazové řádky, ponecháno z historických důvodů

RandomGenerator

Generátor náhodného čísla

Vsp

Spuštění úlohy z okruhu 1

Počet požadavků ve frontě je měřen každých 10 ms. Na základě těchto měření se, po dokončení simulace, vypočítá střední hodnota a rozptyl a vygeneruje histogram. Interval scanování je samozřejmě uživatelsky definovatelný.

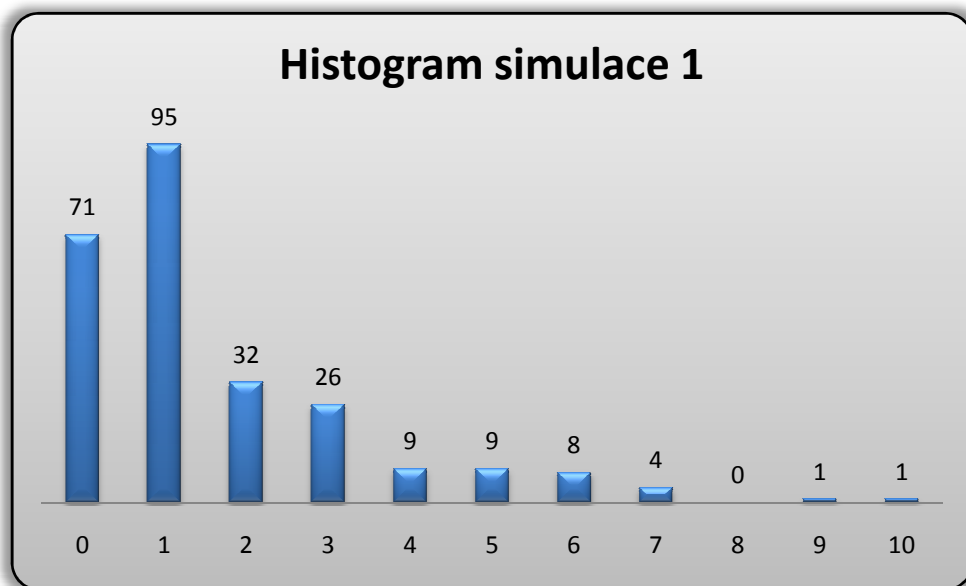
Podrobněji viz JavaDoc v JAR archívu, v něm jsou popsány detailně všechny třídy s jejich atributy a metodami. Komentáře jsou samozřejmě i u privátních atributů a metod.

Nasimulované hodnoty

Vždy generuji 100 000 kroků. Nasimulované hodnoty zhruba odpovídají vypočteným hodnotám

Simulace 1

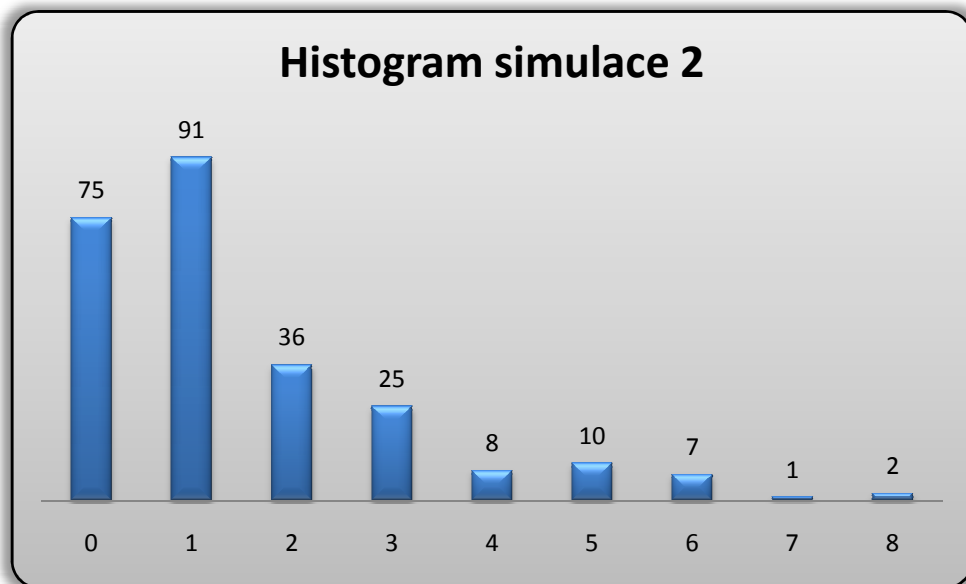
```
Simulation interrupted at time 9954.859145527127
Generator electronics generated transactions: 10024
Generator paper generated transactions: 8052
Queues statistics:
Queue electronics request: Lw = 5.224928979974991
Queue paper request: Lw = 2.3510289563195834
Queue for stamp: Lw = 1.3251920934891614
Queue for validation: Lw = 3.08631679828615
Servers statistics:
Server electronics request: Tq = 5.190009061158532
Server electronics request: load = 0.8361493969029247
Server paper request: Tq = 3.323866343231446
Server paper request: load = 0.7081437083109378
Server for stamp: Tq = 5.000341026796567
Server for stamp: load = 0.571985406002302
Server for validation: Tq = 6.6030456754325035
Server for validation: load = 0.765617495978016
Global statistics:
Lq = 2.22942377333828
Tq = 5.281336217548087
Total number requestes: 18076
Total number of accepted requestes: 18070
Total time of requestes at the office: 119317.03535506534
Statistics of queue: Queue for stamp
Median: 1.61328125
Variance: 3.2215423583984375
Sigma: 1.7948655544074708
Min items in queue: 0
Max items in queue: 10
Histogram:
count in queue - real count - histogram
00 - 071 - *****
01 - 095 - *****
02 - 032 - *****
03 - 026 - *****
04 - 009 - *****
05 - 009 - *****
06 - 008 - *****
07 - 004 - **
08 - 000 -
09 - 001 -
10 - 001 -
```



Simulace 2

```
Simulation interrupted at time 9972.639968009697
Generator electronics generated transactions: 10057
Generator paper generated transactions: 8083
Queues statistics:
Queue electronics request: Lw = 5.0834221061300475
Queue paper request: Lw = 2.380713832012984
Queue for stamp: Lw = 1.3199409876257893
Queue for validation: Lw = 3.4694461622539707
Servers statistics:
Server electronics request: Tq = 5.040578880592179
Server electronics request: load = 0.8341763948607681
Server paper request: Tq = 3.326511626512299
Server paper request: load = 0.708360752836532
Server for stamp: Tq = 4.919287167338648
Server for stamp: load = 0.5745180474824553
Server for validation: Tq = 6.7378905112935055
Server for validation: load = 0.7750672287169269
Global statistics:
Lq = 2.225391342829675
Tq = 5.271180943253009
Total number requestes: 18140
Total number of accepted requestes: 18132
Total time of requestes at the office: 122171.43075077384
Statistics of queue: Queue for stamp
Median: 1.5098039215686274
Variance: 2.68911956939638
Sigma: 1.6398535207134752
Min items in queue: 0
Max items in queue: 8
Histogram:
count in queue - real count - histogram
00 - 075 - *****
01 - 091 - *****
02 - 036 - *****
03 - 025 - *****
```

04 - 008 - *****
05 - 010 - *****
06 - 007 - *****
07 - 001 -
08 - 002 - *



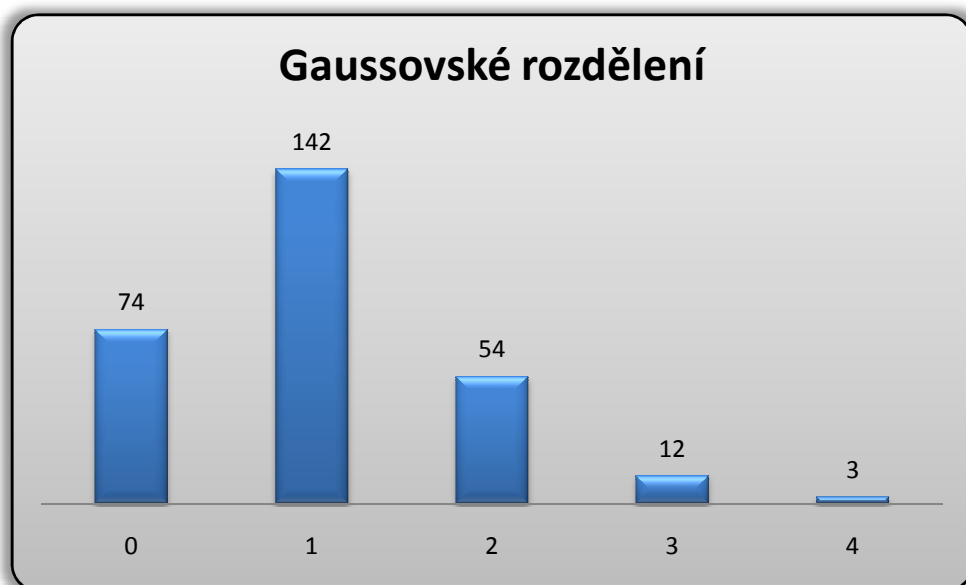
5. Gaussové pravděpodobnostní rozdělení

Pro generování gaučovského rozdělení jsem použil program, který jsem omylem napsal pro okruh 1 (špatně jsem se podíval na číslo zadání). Nebylo třeba v něm dělat žádnou změnu, kromě tichého módu aby nevypisoval histogram.

Příklad simulace

```
Simulation interrupted at time 13422.13892986405
Generator electronics generated transactions: 8975
Generator paper generated transactions: 6720
Queues statistics:
Queue electronics request: Lw = 2.485031454278636
Queue paper request: Lw = 0.46613760142623634
Queue for stamp: Lw = 1.1089857495895208
Queue for validation: Lw = 0.6710511336211907
Servers statistics:
Server electronics request: Tq = 3.716754046667764
Server electronics request: load = 0.8803480170292248
```

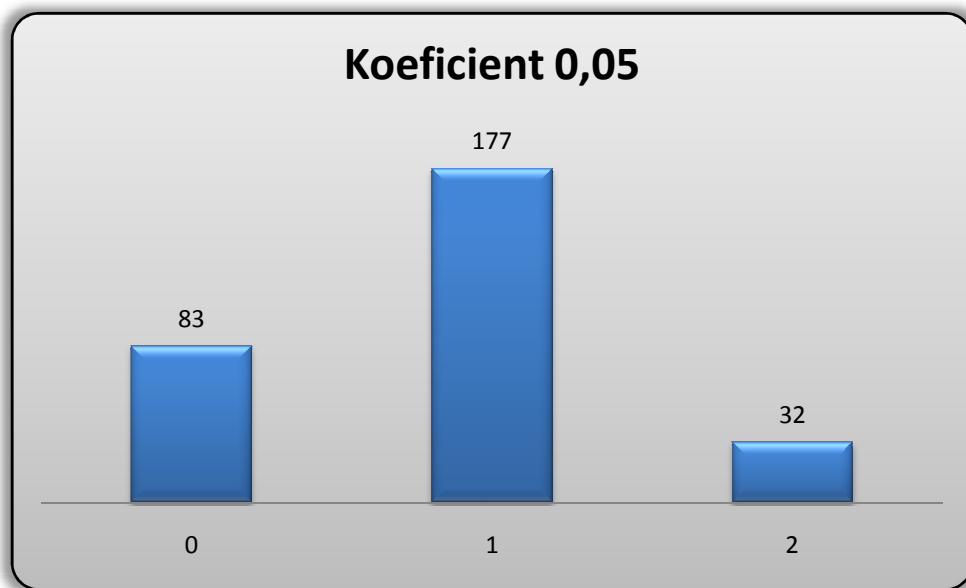
```
Server paper request: Tq = 1.2833945323388898
Server paper request: load = 0.4346699204412745
Server for stamp: Tq = 3.5136280827098454
Server for stamp: load = 0.73709258713458
Server for validation: Tq = 4.0466607020658785
Server for validation: load = 0.6126065145477337
Global statistics:
Lq = 3.4928450474899897
Tq = 3.379500005547063
Total number requestes: 15695
Total number of accepted requestes: 15692
Total time of requestes at the office: 63500.19973681776
Statistics of queue: Queue for stamp
Median: 1.0456140350877192
Variance: 0.710200061557403
Sigma: 0.8427336836494689
Min items in queue: 0
Max items in queue: 4
Histogram:
count in queue - real count - histogram
00 - 074 - *****
01 - 142 - *****
02 - 054 - *****
03 - 012 - *****
04 - 003 - *
```



6. Chování sítě

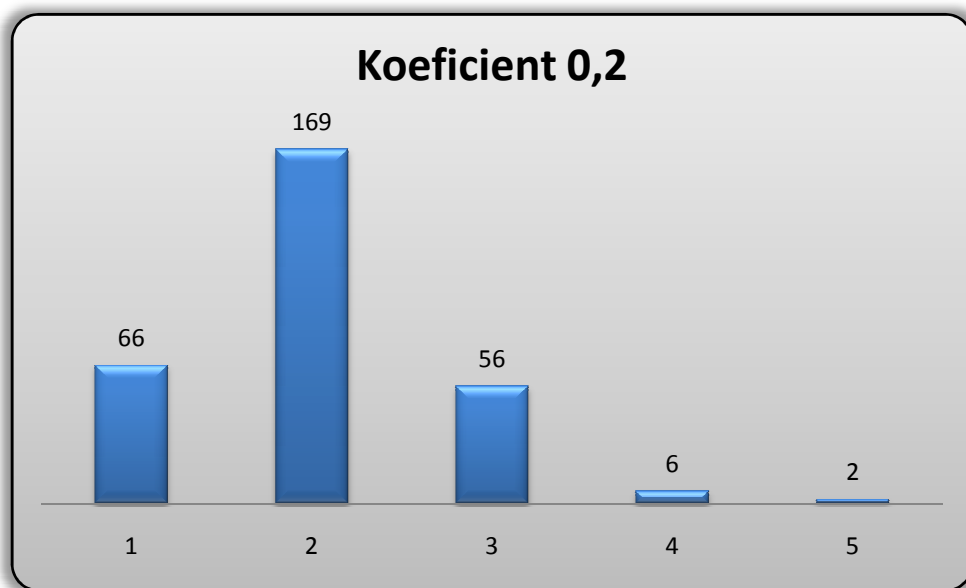
Koeficient variace = 0,05

```
Simulation interrupted at time 8297.624521504315
Generator electronics generated transactions: 8296
Generator paper generated transactions: 10378
Queues statistics:
Queue electronics request: Lw = 1.4970602204663916
Queue paper request: Lw = 300.7519132661702
Queue for stamp: Lw = 0.8381357339833909
Queue for validation: Lw = 1.5850644289008098
Servers statistics:
Server electronics request: Tq = 1.4975078835058828
Server electronics request: load = 0.838197367409611
Server paper request: Tq = 229.79844649122296
Server paper request: load = 0.9999330369938355
Server for stamp: Tq = 130.44340536943722
Server for stamp: load = 0.6869119760100524
Server for validation: Tq = 131.08358938084208
Server for validation: load = 0.9148373555825687
Global statistics:
Lq = 1.7997356658261259
Tq = 130.52830677066746
Total number requestes: 18674
Total number of accepted requestes: 18063
Total time of requestes at the office: 2367762.874986151
Statistics of queue: Queue for stamp
Median: 0.8253424657534246
Variance: 0.3633303621692611
Sigma: 0.6027689127429028
Min items in queue: 0
Max items in queue: 2
Histogram:
count in queue - real count - histogram
00 - 083 - *****
01 - 177 - *****
02 - 032 - *****
```



Koeficient variace = 0,2

```
Simulation interrupted at time 8363.109349667755
Generator electronics generated transactions: 8364
Generator paper generated transactions: 10472
Queues statistics:
Queue electronics request: Lw = 1.5764953401085726
Queue paper request: Lw = 319.360684450769
Queue for stamp: Lw = 0.9267348795578385
Queue for validation: Lw = 1.965772164558887
Servers statistics:
Server electronics request: Tq = 1.5765159534341355
Server electronics request: load = 0.8341264745494054
Server paper request: Tq = 242.2587851523593
Server paper request: load = 0.9998859576298279
Server for stamp: Tq = 137.5496393914983
Server for stamp: load = 0.6882007455101261
Server for validation: Tq = 139.04067116174187
Server for validation: load = 0.9105467173459251
Global statistics:
Lq = 1.798509761887657
Tq = 137.8926719428533
Total number requestes: 18836
Total number of accepted requestes: 18195
Total time of requestes at the office: 2529845.0117878933
Statistics of queue: Queue for stamp
Median: 1.0267558528428093
Variance: 0.547779107616245
Sigma: 0.7401210087656241
Min items in queue: 0
Max items in queue: 4
Histogram:
count in queue - real count - histogram
00 - 066 - *****
01 - 169 - *****
02 - 056 - *****
03 - 006 - **
04 - 002 -
```



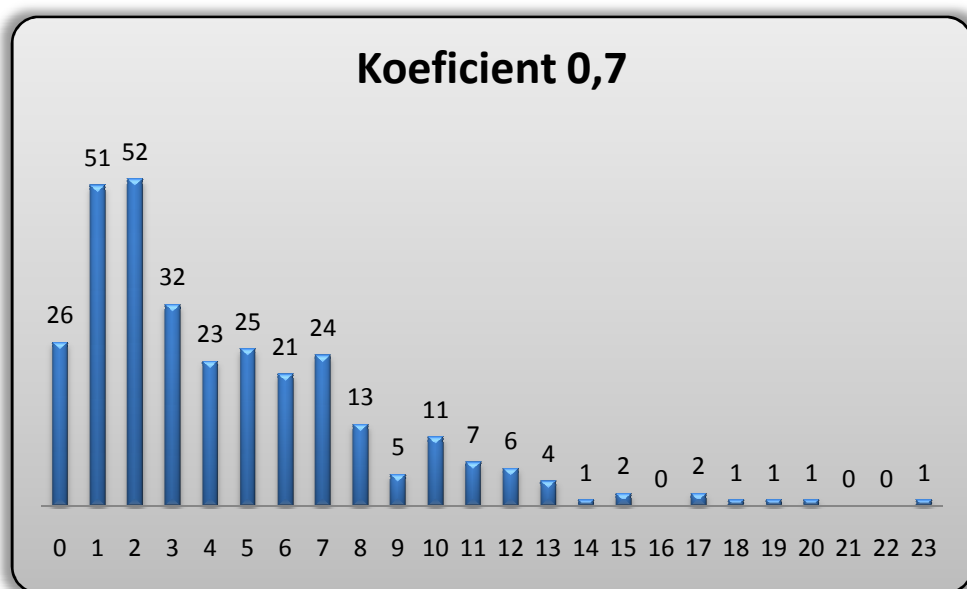
Koeficient variace = 0,7

```
Simulation interrupted at time 9661.822203844551
Generator electronics generated transactions: 9732
Generator paper generated transactions: 12255
Queues statistics:
Queue electronics request: Lw = 3.894195710671854
Queue paper request: Lw = 436.3128155589974
Queue for stamp: Lw = 4.779745387944079
Queue for validation: Lw = 568.4963782376884
Servers statistics:
Server electronics request: Tq = 3.8637037688429934
Server electronics request: load = 0.8884690954909437
Server paper request: Tq = 346.2292834967088
Server paper request: load = 0.9996123770023208
Server for stamp: Tq = 198.0629395926253
Server for stamp: load = 0.9130560006492664
Server for validation: Tq = 440.9173743392786
Server for validation: load = 0.9994744846813348
Global statistics:
Lq = 1.7811873492833574
Tq = 273.3000387704801
Total number requestes: 21987
Total number of accepted requestes: 20158
Total time of requestes at the office: 8888012.431931177
Statistics of queue: Queue for stamp
Median: 4.466019417475728
Variance: 15.763408426807446
Sigma: 3.970315910202543
Min items in queue: 0
Max items in queue: 23
Histogram:
count in queue - real count - histogram
00 - 026 - *****
01 - 051 - *****
02 - 052 - *****
03 - 032 - *****
```

```

04 - 023 - *****
05 - 025 - *****
06 - 021 - *****
07 - 024 - *****
08 - 013 - *****
09 - 005 - *****
10 - 011 - *****
11 - 007 - *****
12 - 006 - *****
13 - 004 - *****
14 - 001 - *
15 - 002 - **
16 - 000 - 
17 - 002 - **
18 - 001 - *
19 - 001 - *
20 - 001 - *
21 - 000 - 
22 - 000 - 
23 - 001 - *

```



Srovnávací tabulka:

	0,05	0,2	0,7
Time	8297,6245	8363,1093	9661,8222
Electronics	8296,0000	8364,0000	9732,0000
Paper	10378,0000	10472,0000	12255,0000
L_{w1}	1,4971	1,5765	3,8942
L_{w2}	300,7519	319,3607	436,3128
L_{w3}	0,8381	0,9267	4,7797
L_{w4}	1,5851	1,9658	568,4964
T_{q1}	1,4975	1,5765	3,8637
ρ_1	0,8382	0,8341	0,8885
T_{q2}	229,7984	242,2588	346,2293
ρ_2	0,9999	0,9999	0,9996
T_{q3}	130,4434	137,5496	198,0629
ρ_3	0,6869	0,6882	0,9131
T_{q4}	131,0836	139,0407	440,9174
ρ_4	0,9148	0,9105	0,9995
L_q	1,7997	1,7985	1,7812
T_q	130,5283	137,8927	273,3000
Requests	18674,0000	18836,0000	21987,0000
Accepted	18063,0000	18195,0000	20158,0000
Requests time	2367762,8750	2529845,0118	8888012,4319
Median	0,8253	1,0268	4,4660
Variance	0,3633	0,5478	15,7634
σ	0,6028	0,7401	3,9703
Min items	0,0000	0,0000	0,0000
Max items	2,0000	4,0000	23,0000

7. Individuální parametry sítě

Je možné zadat jako třetí parametr název souboru s konfigurací sítě. Při zadání nevhodných hodnot se mohou zprávy začít v síti hromadit a síť se nebude chovat správně.

Možnost zadávat parametry interaktivně za běhu programu jsem po úvaze zavrhnul, protože v případě malé změny je nutné vše opět zadávat znovu.

Prázdné řádky se přeskakují a celou řádku je možné označit jako komentář znakem # (musí být jako první znak na řádce).

Formát souboru pro exponenciální rozdělení:

100000	Počet kroků (vyšší priorita než kroky z příkazové řádky)
10	Snímací interval pro statistiky
0.6	p_1
0.9	p_2
0.95	p_3
1	λ elektronický vstup
0.8	λ papírový vstup
0.5	T_{s1}
0.7	T_{s2}
0.3	T_{s3}
0.4	T_{s4}

Formát souboru pro Gaussovo rozdělení:

100000	Počet kroků (vyšší priorita než kroky z příkazové řádky)
10	Snímací interval pro statistiky
0.6	p_1
0.9	p_2
0.95	p_3
1	μ elektronický vstup
0.7	σ elektronický vstup
0.8	μ papírový vstup
0.7	σ papírový vstup
0.5	μ_1
0.7	σ_1
0.7	μ_2
0.7	σ_2
0.3	μ_3
0.7	σ_3
0.4	μ_4
0.7	σ_4

8. Testovací konfigurace

OS: Windows Server 2008 Enterprise 64b ENG

Java: Sun Java 1.6.0_11-b03 64b

IDE: Eclipse Ganymede 3.4.1

9. Ovládání

Možnosti spuštění:

```
java -jar počet_kroků EXP|GAUSS [filename.ext]
```

Spustí standardní simulaci na exponenciálním rozdělení

```
java -jar Vsp.jar 10000 EXP
```

Spustí standardní simulaci na Gaussovo rozdělení

```
java -jar Vsp.jar 50000 GAUSS
```

Spustí simulaci na exponenciálním rozdělení s danými parametry

```
java -jar Vsp.jar 1 EXP filename.ext
```

Spustí simulaci na Gaussovo rozdělení s danými parametry

```
java -jar Vsp.jar 1 GAUSS filename.ext
```

Pokud se čtou parametry ze souboru, je parametr s počtem kroků ignorován, ale přesto vyžadován. Na načítání parametrů mám velice jednoduchý parser, který by obtížně rozhodoval, jestli chce uživatel 1000 kroků nebo otevřít soubor s názvem „1000“.

Poznámka: Pravidelně se vyskytuje výjimka:

```
cz.zcu.fav.kiv.jsim.JSimProcessDeath: J-Sim internal exception. Do not  
throw it, do not catch it, do not care about it.  
    at cz.zcu.fav.kiv.jsim.JSimProcess.mainSwitchingRoutine(Unknown Source)  
    at cz.zcu.fav.kiv.jsim.JSimProcess.passivate(Unknown Source)  
    at vsp.Server.life(Server.java:151)  
    at cz.zcu.fav.kiv.jsim.JSimProcess.run(Unknown Source)
```

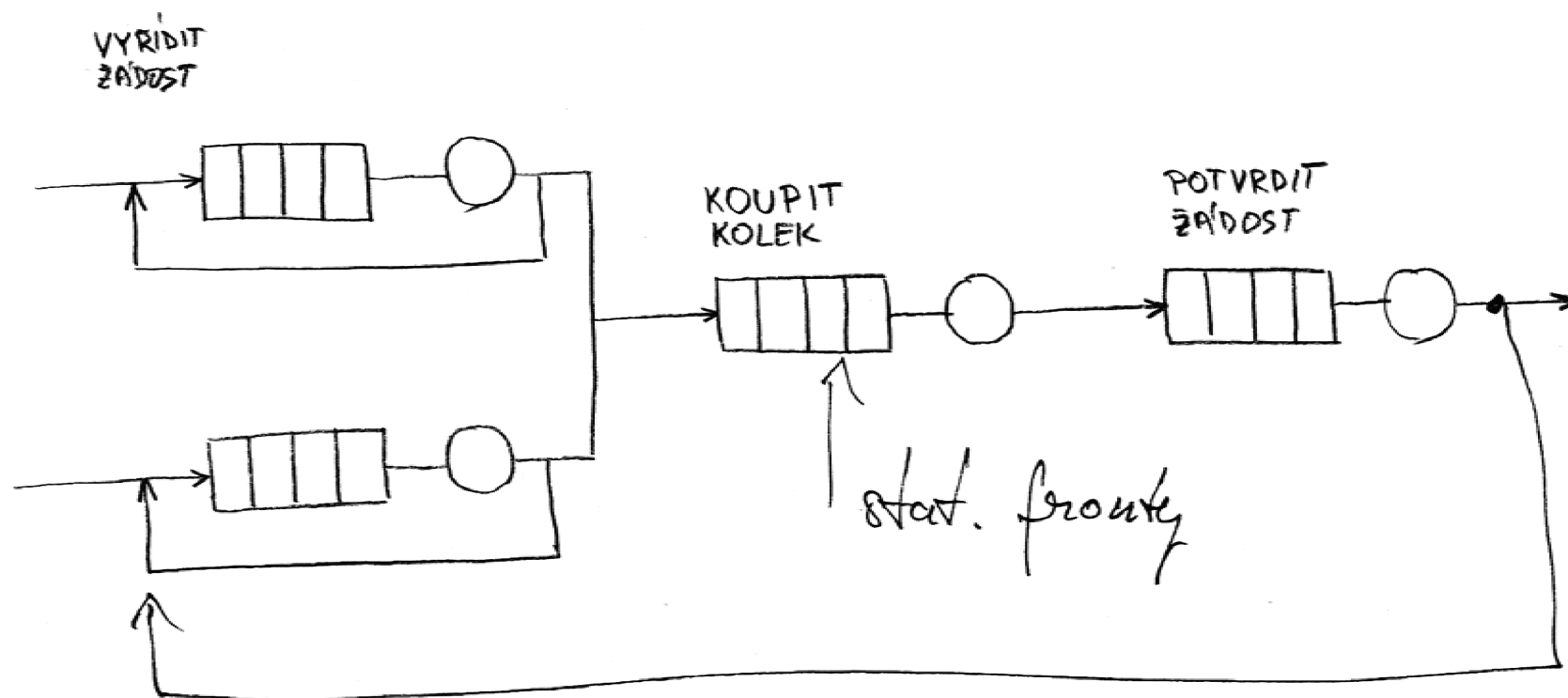
Zachoval jsem se dle zprávy ve výjimce a nevšímal jsem si jí.

10. Závěr

Semestrální práce byla poněkud většího rozsahu, ale vzhledem ke znalostem z dílčích semestrálních prací práce šla docela rychle. Dokonce jsem mnohdy využil i celé zdrojové kódy buď beze změny, nebo s minimálními změnami.

Příloha 1 – Originál zadání

Tichana



11.11. H. P.