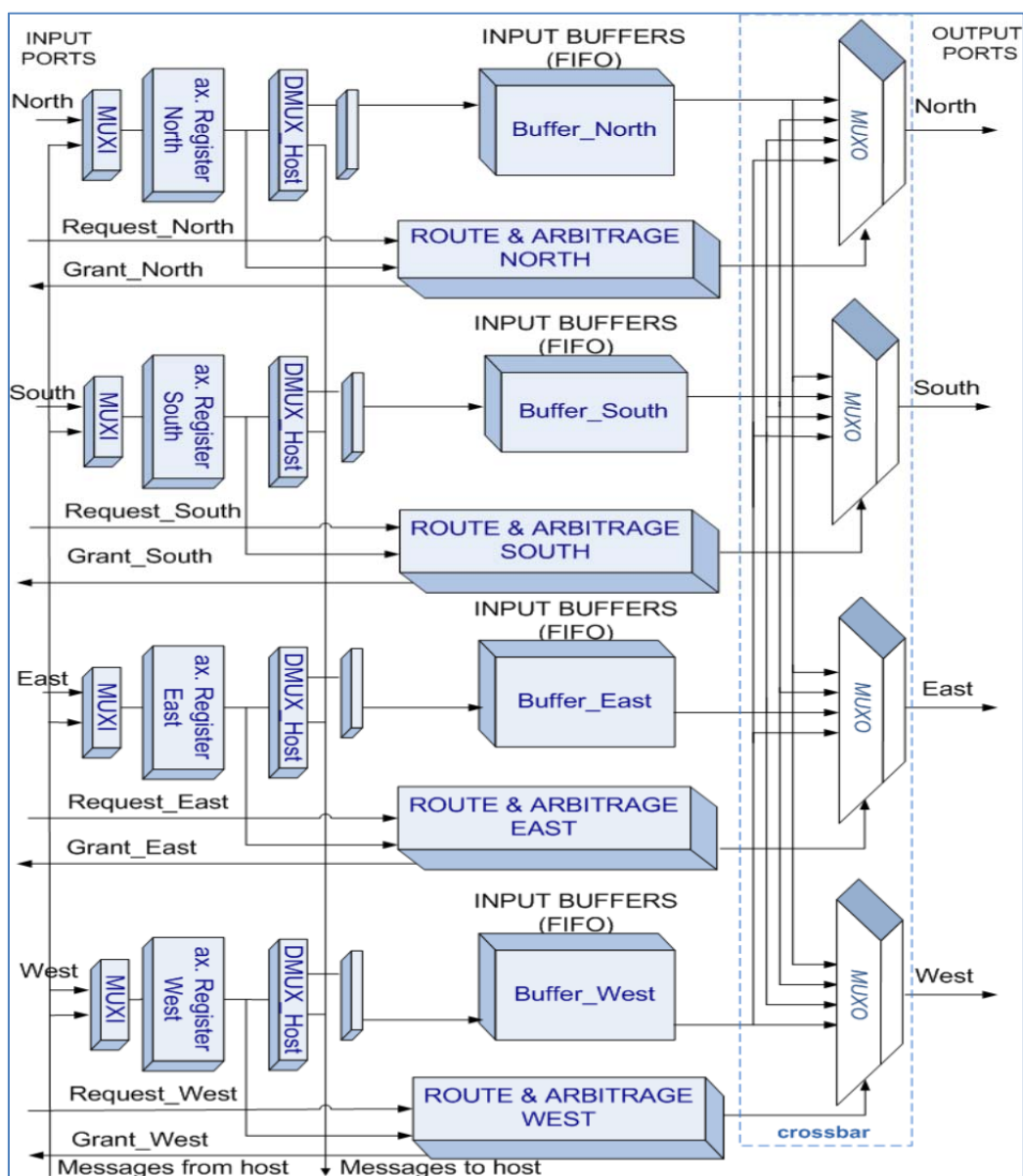


Анализ и оценка на комуникационната производителност на високоскоростни маршрутизатори

1. Актуалност на проблема

1.1. Описание на високоскоростен маршрутизатор

В това упражнение се използва обобщен симулационен модел на високоскоростен маршрутизатор, чрез който могат да се създават и симулират конкретни модели с определена топология на мрежата, размерност на пакетите, разпределение на трафика и др.



Фиг. 1. Архитектура на обобщения високоскоростен комутатор

Високоскоростният комутатор се състои от множество модули за комуникационен трансфер до съответните изходни портове, като всеки модул съдържа входен мултиплексор, който селектира пакет от съседен комутатор или хост.

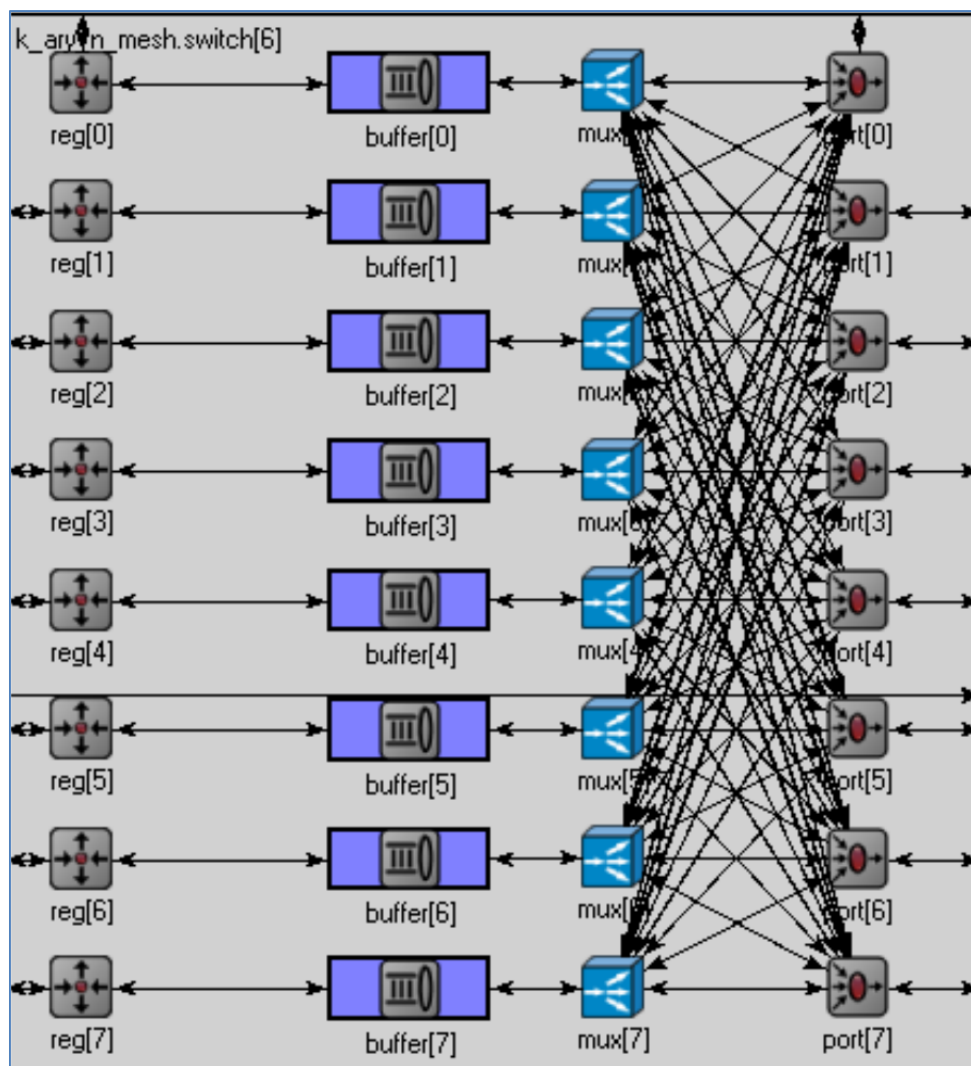
Входният регистър съхранява 1 флит с информация, необходима на съответния алгоритъм за маршрутизация. Ако е пристигнал сигнал на рутинг функцията за дестинацията, демултиплексорите (DMUX_Host) предават флита към хоста, а в противен случай флита се предава до съответния изходен порт според изискванията на стратегията за маршрутизация.

Капацитета на буферите е 1 флит, като са свързани с изходните портове посредством „неблокиращ кросбар“.

Описаният комутатор използва комутация от тип „дупка на червея“, която се характеризира с ниска латентност, тъй като предаването на пакета започва веднага след установяване на дестинацията.

1.2. Описание на симулационния модел на високоскоростен комутатор

Симулационният модел в OMNeT++ е изграден от следните модули: входни регистри, FIFO буфери и неблокиращи кросбари. Те са представени като прости модули и изграждат целият комутатор, представляващ комплексен модул.



Фиг. 2. Изглед на високоскоростния комутатор в средата OMNeT++

Всички прости модули, изграждащи комутатора, са свързани помежду си чрез канали, както и с връзки между самите комутатори. Канали се състоят от данни за траекторията (data path) и връзки за управление (control links), които NED редактора показва само с една линия.

Комутаторът съдържа модул часовник Module::Clock() – виртуална функция, с която разполага всеки модул в модела. Той позволява лесно определяне на последователността на трите етапа – въвеждане на регистри, буфери и изходни портове. Всеки модул определя собствената си функционалност, но общата стратегия е: всеки модул запазва входни данни, при получаване на съобщение го препраща към следващия модул на системата, като извиква Clock() функцията.

Хостът е имплементиран като прост модул в модела и представлява генератор на трафик. Този модул поддържа свой собствен часовник, който е конфигуриран за всеки симулационен експеримент, така че да дава различни стойности на предлаганите натоварвания (Traffic Patterns).

1.3. Изпълнение на симулацията

Със следния запис в конфигурационния файл задаваме броя пакети, които всеки хост изпраща. Този параметър влияе на точността на симулацията:

➤ *.host[*].PacketsToSend = 1000

Със следният параметър на мрежата определяме размерността (радикса) на комутатора (броя портове):

➤ n_radix_switch.n = 8

➤ n_radix_switch.n = ({4..32 step 4}) – ако се запише по този начин, ще се пуснат последователно 8 симулации с радикаси: 4, 8, 12, 16 ... 32

Файл *n_radix_switch.ini*:

```
network = n_radix_switch

# this parameter specifies the switch radix and
also number of receiving/sending hosts
# n_radix_switch.n = ({4..8 step 1})
n_radix_switch.n = 8

*.switch[*].*.BufferLength = 16

#
*.switch[*].*.RoutingAlgorithm = "SourceTag"

# total number of packets sent by each host
*.host[*].PacketsToSend = 1000

# packet size (in flits)
*.host[*].PacketSize = 8

#
*.host[*].TrafficPattern = "Uniform"

# specifies offered load form 0 to 100%
*.host[*].PacketRate = ({10..100 step 10})

# Flit size (in bits)
*.host[*].FlitSize = 16
*.switch[*].*.SwitchClock = 8 ns

[Config Uniform]
*.host[*].TrafficPattern = "Uniform"
```

Брой портове за комутатор: $p = 2k$ (или $2k+1$, ако към комутатора има хост).

1.4. Работни товари – пространствени разпределения

Име	Шаблон
Равномерно разпределени дестинации	$\lambda_{sd} = 1/N$
Пермутационни	$d = \pi(s)$
Побитово пермутационни	$di = sf(i) \oplus g(i)$
Побитово комплементарни	$di = \neg si$
Побитово реверсивни	$di = sb-i-l$
Побитово ротация	$di = si+l \bmod b$
Разбъркване (Shuffle)	$di = si-l \bmod b$
Транспониране	$di = si+b/2 \bmod b$
Поцифрово пермутационни	$dx = f(sg(x))$
Торнадо	$dx = sx + (\lfloor k/2 \rfloor - 1) \bmod k$
Съседни	$dx = sx + 1 \bmod k$

2. Цел и задачи на експериментите

Основната цел е да се извърши оценка и анализ на комуникационните параметри латентност и пропускателна способност на симулационен модел на високоскоростен комутатор за суперкомпютри, в зависимост от радика на комутатора (4x4, 8x8, 16x16) и размера на пакетите – 32, 64, 128 флита.

За постигането на основната цел е необходимо да се изпълнят следните задачи:

- Настройка, конфигурация и имплементация на симулационен модел на високоскоростен комутатор за суперкомпютри в средата OMNeT++;
- Снемане на получените данни от скаларните и векторните файлове за стойностите на латентността и пропускателната способност;
- Анализ на получените данни.

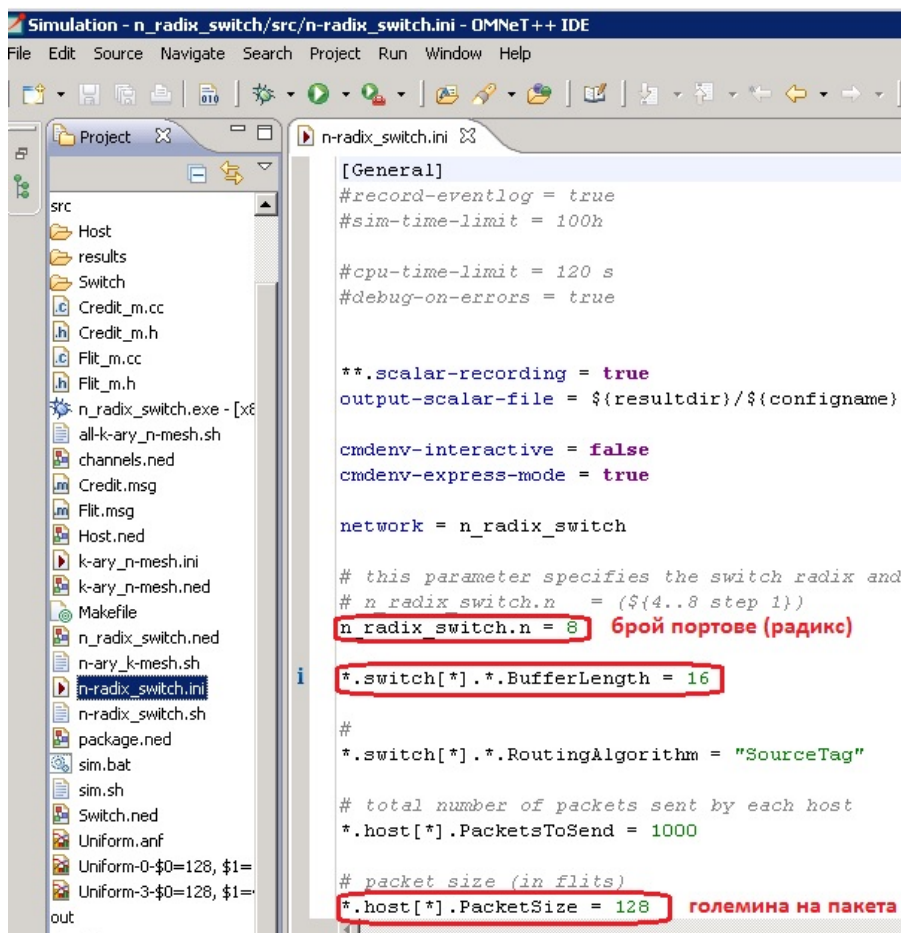
3. Методика за провеждане на експериментите

В Moodle системата за е-обучение е наличен проект на обобщен модел на високоскоростен комутатор.

3.1. Конфигуриране на заданието

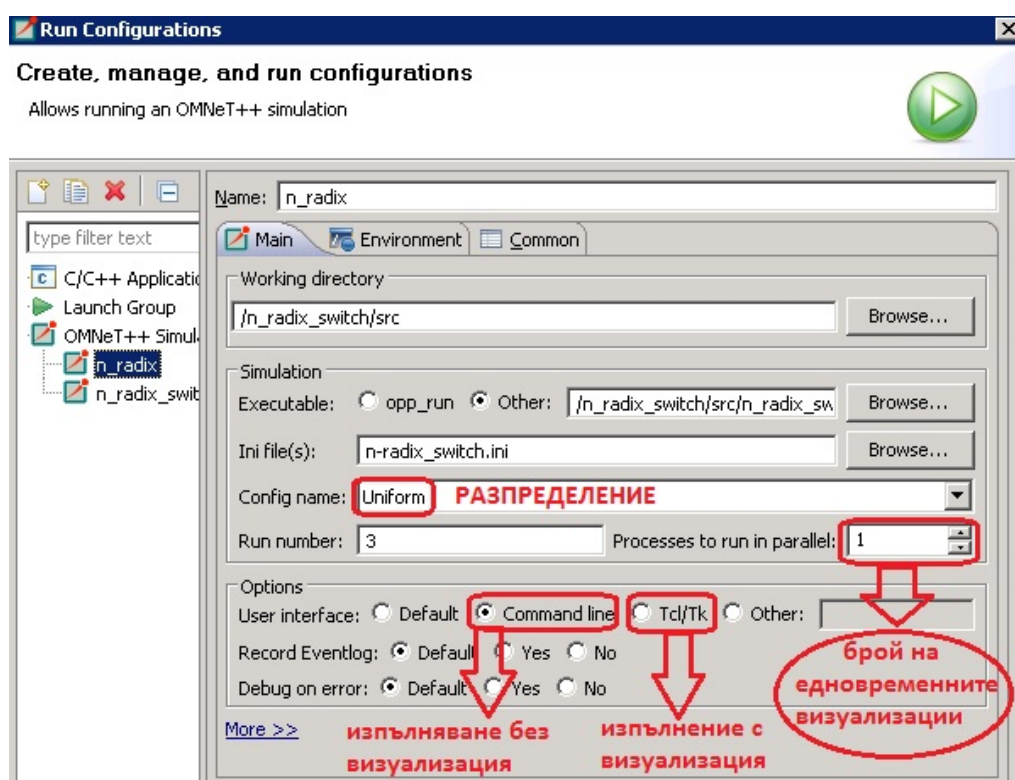
Файлът *n-radix_switch.ini* се използва за конфигуриране на моделите (фиг. 3). В него се задават основните параметри, които са от съществено значение:

- броя на портовете на високоскоростния комутатор или радикса на комутатора;
- размера на буфера;
- големината на пакетите;
- броя на пакетите;
- разпределението на трафика;
- алгоритъма за маршрутизация;
- управлението на потока в комутатора.



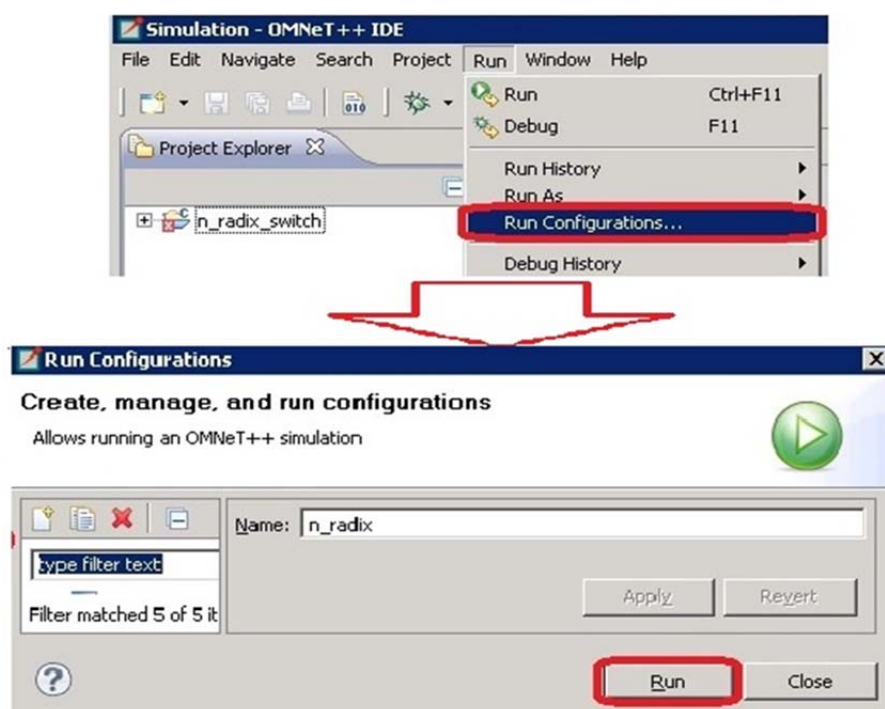
Фиг. 3. Конфигуриране на параметрите на модела

3.2. Задаване на параметрите за изпълнението на симулацията

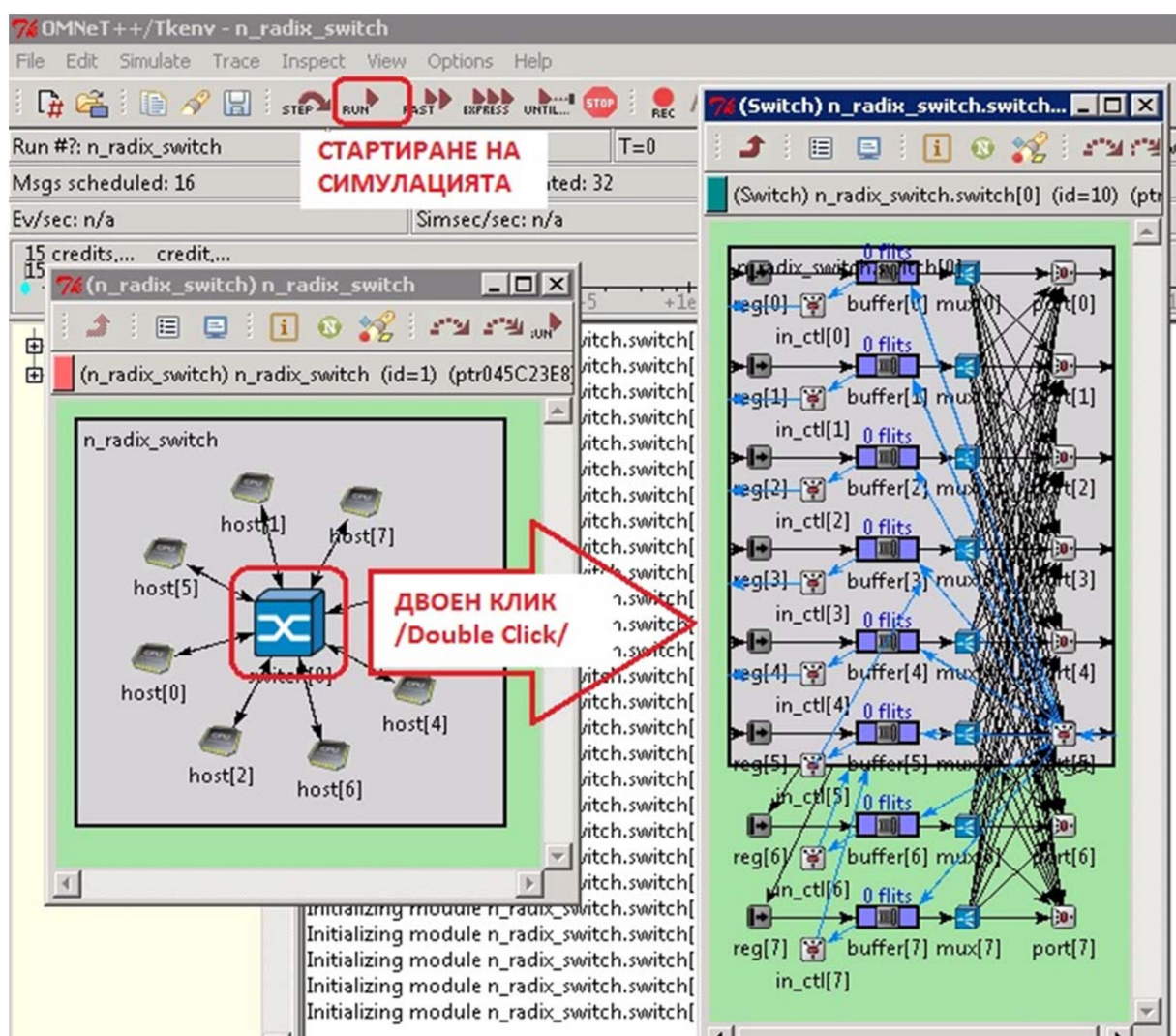


Фиг. 4. Задаване на параметрите на симулацията

3.3. Стартиране на конфигурираната симулация



Фиг. 5. Стартиране на симулацията



Фиг. 6. Стартиране на симулацията в графична среда

3.4. Събиране на данни от симулациите

РЕЗУЛТАТИ (скалярни файлове)

Folder	File name	Config name	Run...	Run id	Module	Name	Value
			0	Unifor...	n_ra...	Lat...	0.0
			0	Unifor...	n_ra...	Lat...	0.0
			0	Unifor...	n_ra...	Lat...	NaN
/n_ra...	Uniform...	Uniform	0	Unifor...	n_ra...	Lat...	0.0
/n_ra...	Uniform...	Uniform	0	Unifor...	n_ra...	Lat...	0.0
/n_ra...	Uniform...	Uniform	0	Unifor...	n_ra...	Lat...	0.0
/n ra...	Uniform...	Uniform	0	Unifor...	n ra...	Lat...	0.0

ИЗПЪЛНЕНИЯ НА ПРОГРСМАТА

```

terminated> n_radix [OMNeT++ Simulation] src/n_radix_switch.exe (6/12/14 10:21 AM)

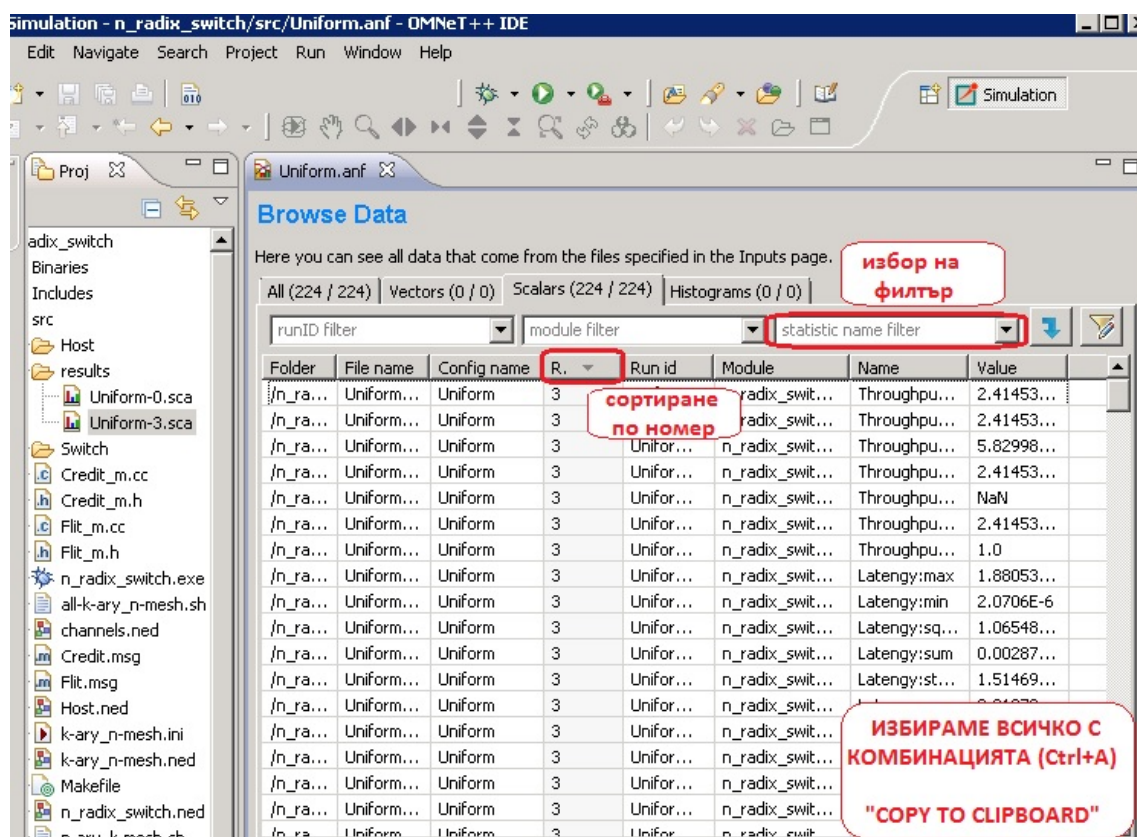
host[6] total_packets_sent:      1000
host[6] total_packets_received:  980
host[6] total_flits_sent:        128000
host[6] total_flits_received:    125440
host[6] total_latency:           0.00277804472
host[7] total_packets_sent:      1000
host[7] total_packets_received:  985
host[7] total_flits_sent:        128000
host[7] total_flits_received:    126080
host[7] total_latency:           0.002875983882

End.

```

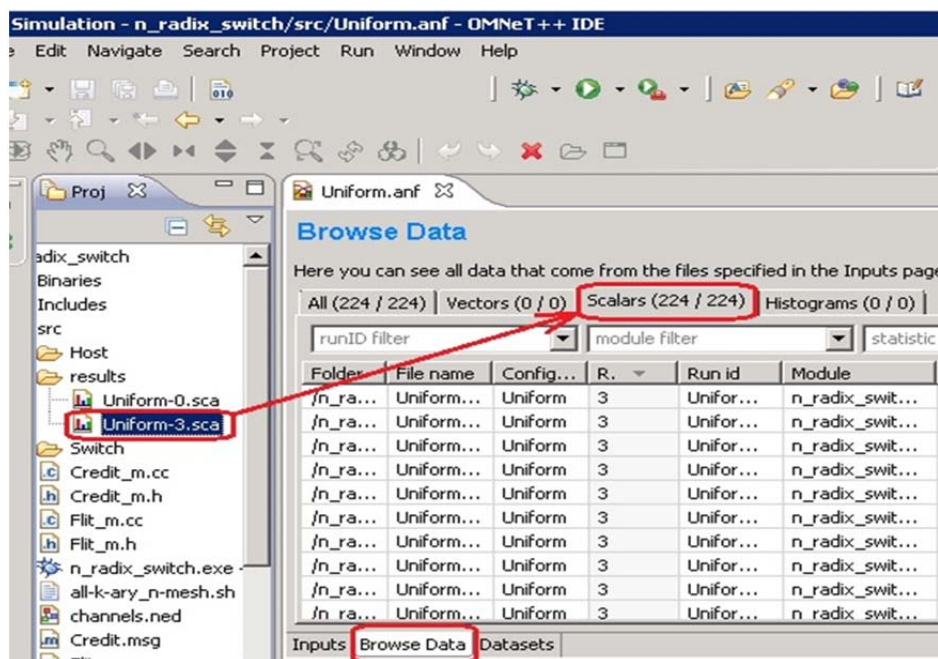
Фиг. 7. Преглед на резултатите от симулациите

3.5. Сортиране на резултатите



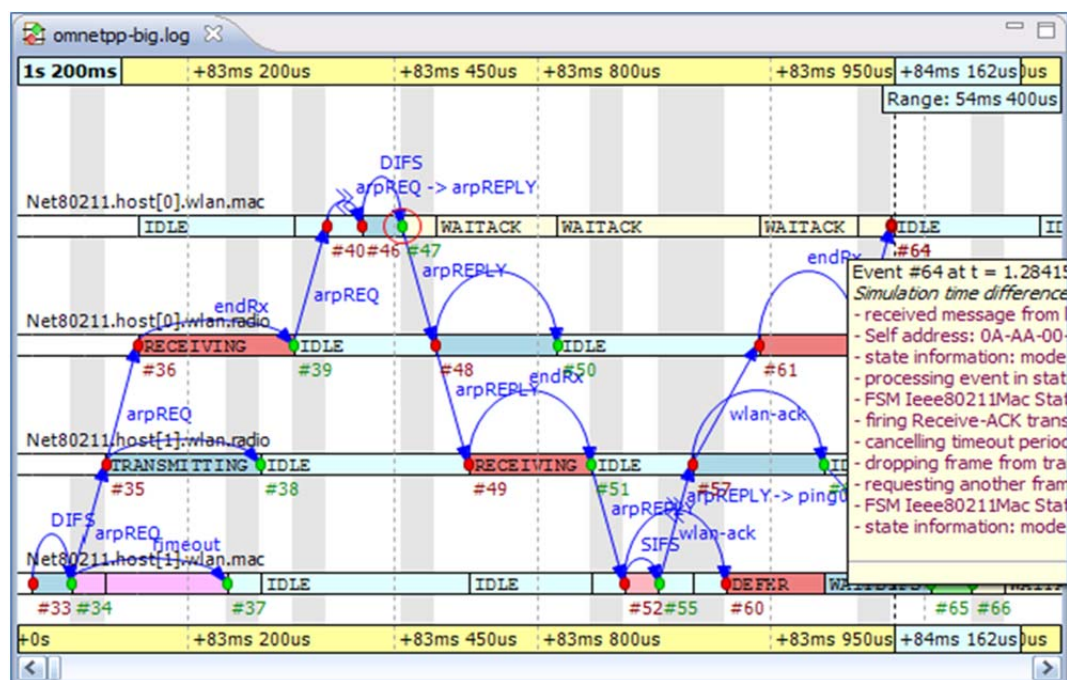
Фиг. 8. Сортиране на резултатите от симулацията

3.6. Извличане на статистически данни



Фиг. 9. Извличане на статистически данни

3.7. Графично представяне посредством диаграми на Гант (sequence chart) в средата OMNeT++



Фиг. 10. Диаграма на комуникациите

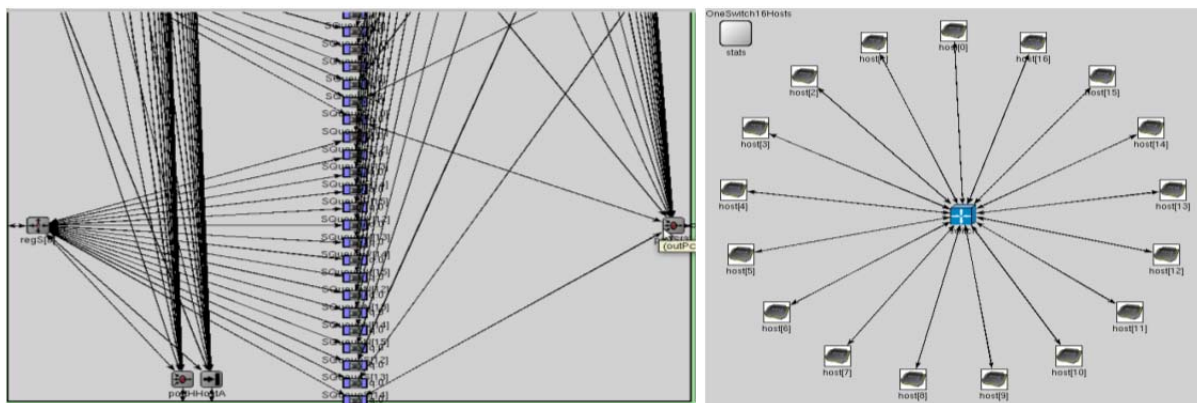
3.8. Друга възможност за анализ на симулационните резултати е прехвърлянето и представянето им в MS Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Folder	File name	Config na	Run nu	Run id	Module	Name	Value	
2	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	396813.89969872	
3	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	545198.61216672	
4	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	296880.87291468	
5	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	275733.47802295	
6	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	325397.76252499	
7	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	357536.39432818	
8	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	693927.70802183	
9	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	1247612.8712335	
10	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	1145441.0136094	
11	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	201641.31636264	
12	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	688789.41747833	
13	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	1001633.9218935	
14	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	742639.43965096	
15	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	576230.60545789	
16	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	508416.32703125	
17	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	333786.16003622	
18	/Vpks_Vla	General-0	General	0	General-0	k_ary_n_t	Throughp	555730.09748552	

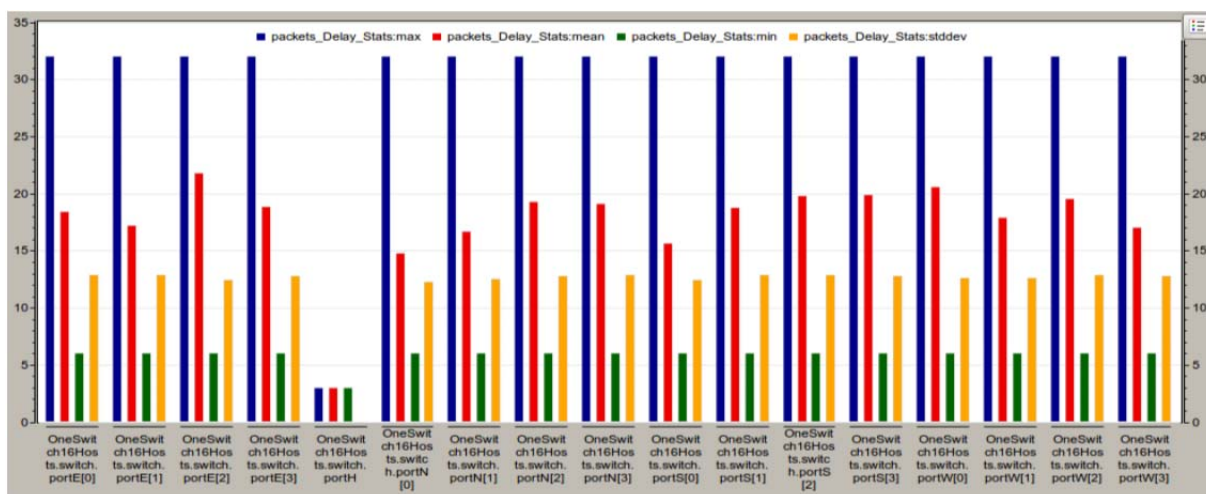
Фиг. 11. Копиране на резултатите в MS Excel

4. Експериментални резултати и оформяне на протокол

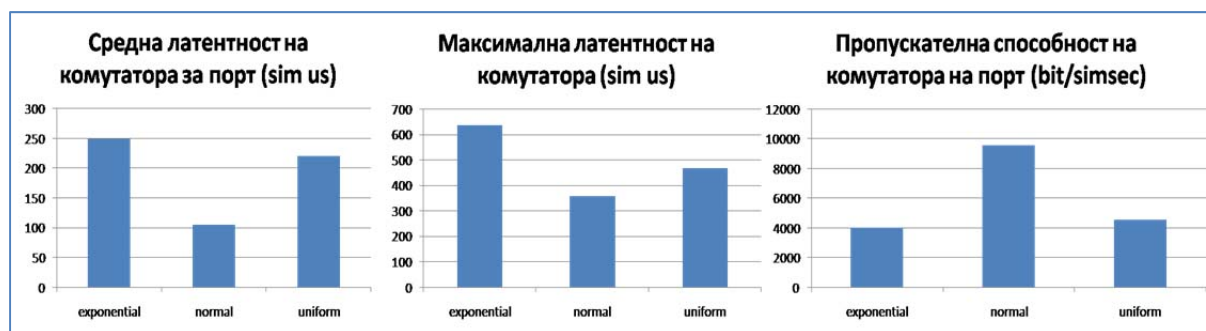
4.1. Резултати от проведени експерименти за високоскоростни комутатори



Фиг. 12. NED файл на комутатора



Фиг. 13. Хистограми за латентност за порт max, mean, min, stddev



Фиг. 14. Параметри на комуникационната производителност

4.2. Оформяне на протокол

Да се проведат изследвания за високоскоростен комутатор с радиус 8 в средата OMNeT++ и да се оценят параметрите на комуникационната производителност латентност и пропускателна способност за предаване на 1000 пакета с размер 16 флита и равномерно разпределение на трафика. Резултатите да бъдат представени под формата на протокол.