

# ***Архитектурни особености на системни комуникационни мрежи за суперкомпютри***

## **1. Актуалност на проблема**

### **1.1. Описание на системните мрежи за суперкомпютри**

Суперкомпютрите свързват голям брой процесорни възли под формата на многостъпални мрежови архитектури. Едно от предизвикателствата при работа със суперкомпютри е необходимостта от обмен на информацията между процесорите, с цел получаване на крайно решение от изчислението на терамашабни задачи. За осъществяването на тази цел се използват високоскоростни колективни комуникационни мрежи (ККМ). Архитектурните аспекти и характеристики на колективните мрежи в суперкомпютрите до голяма степен определят пиковата производителност на високопроизводителните компютърни системи.

Макар и разработени за комуникационните изисквания на суперкомпютрите, системните мрежи започват да изместват шините като стандартно средство за вътрешна комуникация. Тази тенденция се обуславя и от налагането на становището, че маршрутизирането на пакети се явява по-бързо и ефективно от маршрутизирането на канали.

Системните мрежи представляват системи и методи за активиране на високоскоростна и ниско-латентна глобална комуникация между взаимосвързани изчислителни възли. Глобалната системна мрежа позволява намаляването на операциите за обработка на множество от изчислителни взаимосвързани възли до оптимален брой. В системните мрежи на суперкомпютрите са включени маршрутизиращи устройства, които се свързват с възлите в мрежата, за да улеснят преноса на данни и изпълнението на глобални операции. По този начин се подобрява бързодействието на цялата виртуална мрежа и класовите структури. Глобалната мрежа може да бъде програмирана така че да осигури глобална бариера и функционално прекъсване в асинхронен или синхронен режим. Когато се прилага в масивно-паралелна суперкомпютърна архитектура, колективно-глобалната мрежа е физически и логически делима според нуждите на алгоритъма за обработка.

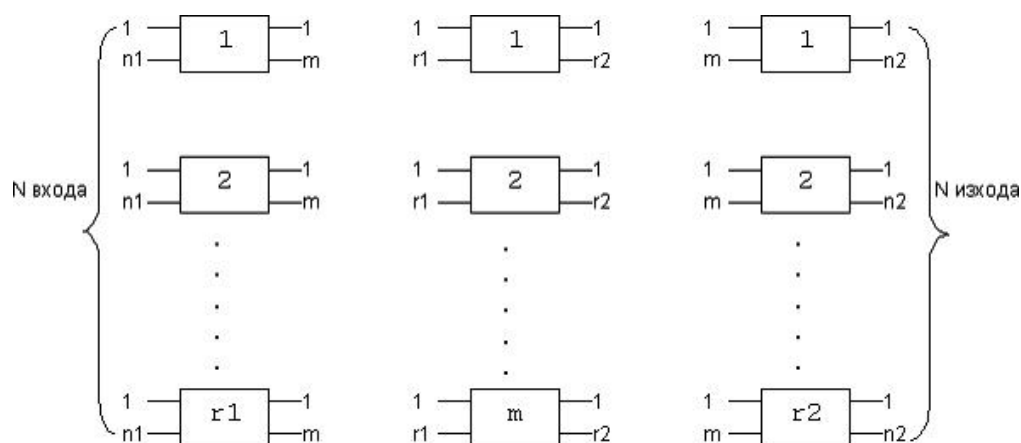
Системните комуникационните мрежи се изграждат от комутиращи елементи и линии за връзка. С помощта на комутиращите елементи се осъществява свързването на линиите за връзка и така се осигурява път за предаване на информацията.

Системните комуникационните мрежи могат да бъдат характеризирани според:

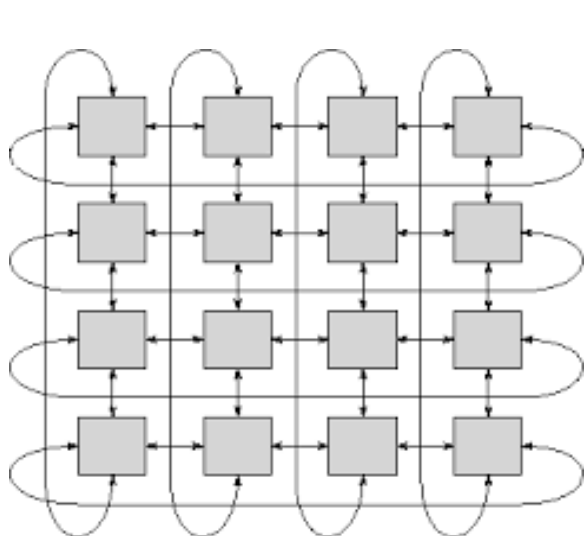
- режима на работа;
- стратегията на управление;
- метода на превключване;
- топологията на мрежата.

Мрежовата топология се явява ключов фактор при определянето на възможностите на колективната комуникационната мрежа от гледна точка на архитектурата. Тя може да бъде описана като граф, чиито върхове съответстват на комутиращите елементи, а дъгите – на линиите за връзка.

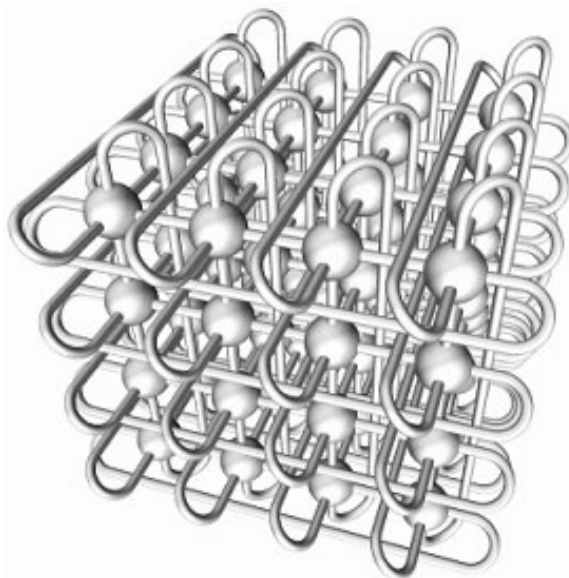
Топологията на комуникационните мрежи може да бъде регулярна и нерегулярна. В суперкомпютрите намират приложение само регулярните топологии. От своя страна регулярни топологиите биват статични и динамични. В суперкомпютрите особено популярни и използвани са мрежовите топологии дебело дърво, торус и различни хибридни дизайни на многостъпални системни комуникационни мрежи.



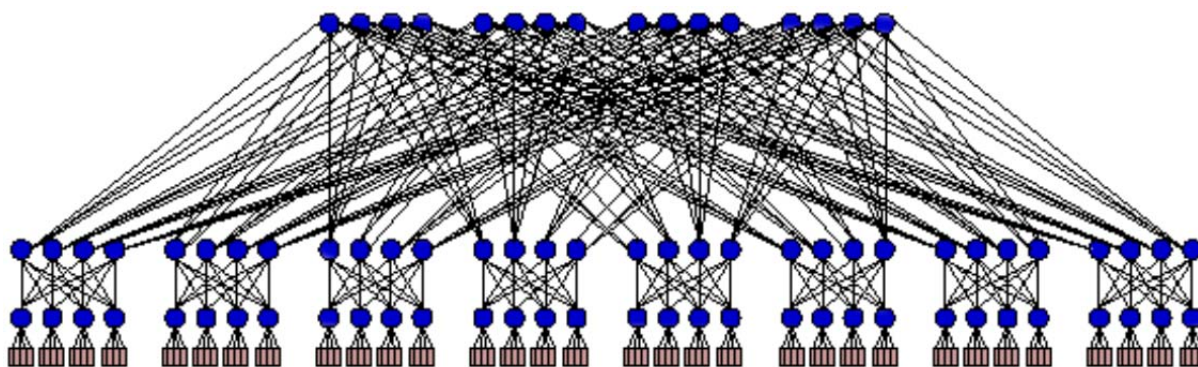
Фиг. 1. Обобщен модел на многостъпална мрежа



Фиг. 2. Мрежа 2D-Торойд



Фиг. 3. Мрежа 3D-Торойд



Фиг. 4. Топология „Дебело дърво“

Наред с мрежовата топология, ключов параметър за паралелната компютърна производителност на суперкомпютрите е алгоритъмът за маршрутизация. Маршрутизацият алгоритъм определя пътя на съобщението в рамките на мрежата от началния възел до целевия възел. В повечето системни мрежи за суперкомпютри се използва алгоритъм за маршрутизация от тип „Дупка на червея“. Други параметри, които оказват влияние върху производителността на високопроизводителните компютърни системи, са броя на свързаните в мрежата възли, броя на предаваните в мрежата пакети, размера на пакетите и разпределението на трафика в мрежа.

## 2. Цел и задачи на експериментите

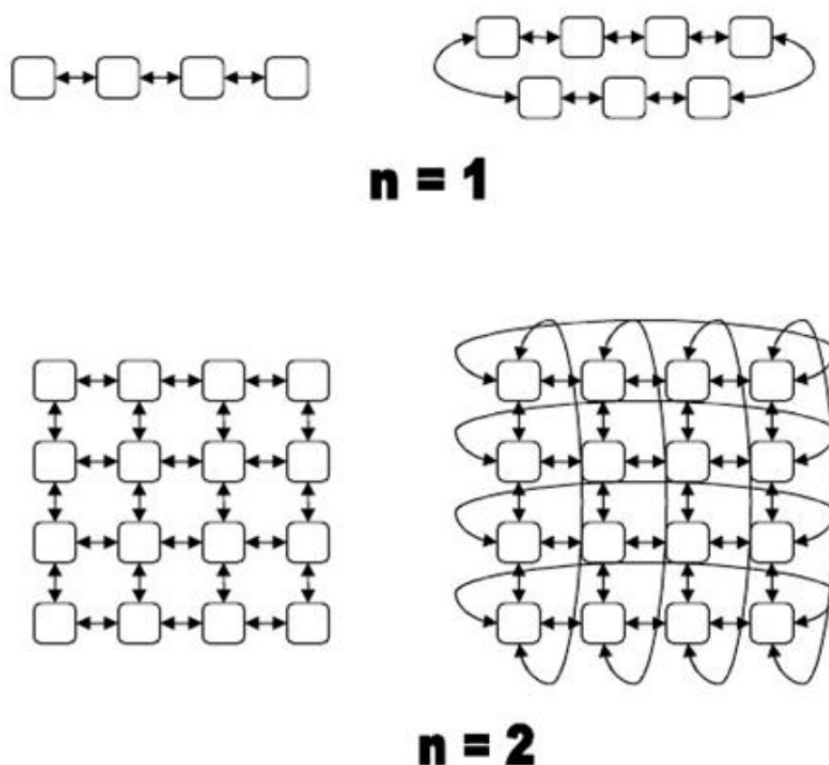
Основната цел е оценка на комуникационните параметри на високоскоростна системна комуникационна мрежа с топология „Решетка“ в средата OMNeT++, изградена от 9 възела, за пренос на 10 000 пакета, при размер на пакетите 32 флига.

За постигането на целта е необходимо да се решат следните задачи:

- Настройка, конфигурация и имплементация на симулационен модел на високоскоростната системна мрежа 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

Адресите на този обобщен тип мрежи могат да бъдат разглеждани като  $n$ -цифрено число с основа  $k: \{a_{n-1}, \dots, a_0\}$ , като всеки един възел е свързан със съседен, чийто адрес се различава с  $\pm 1 \pmod k$  в точно една от цифрите на неговия адрес. Броят на възлите (комутатор + хост) е  $N = k * n$ .

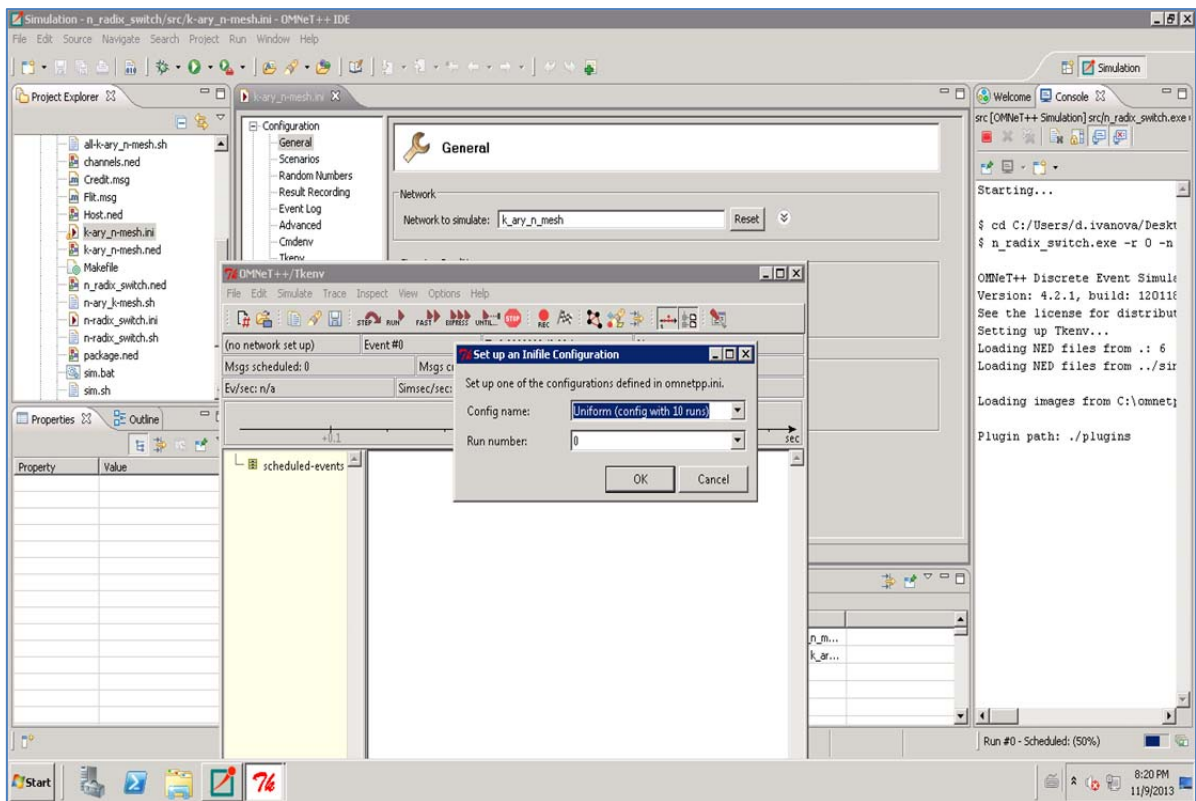


Фиг. 5. Топологии с различен параметър „ $n$ “

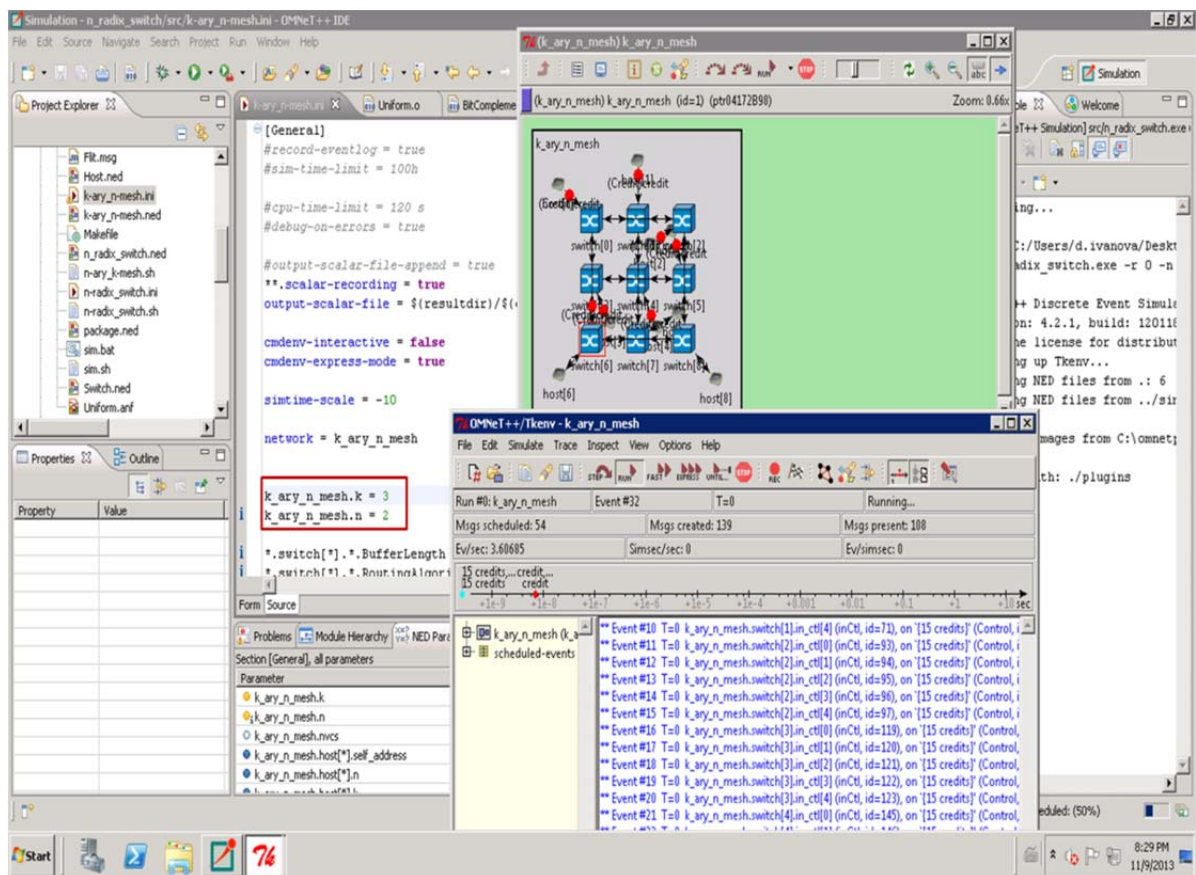
#### 3.1. Конфигуриране на заданието

Файлът *n-radix\_switch.ini* се използва за конфигуриране на модела на системната мрежа. В него се задават основните параметри:

- $k\_ary\_n\_mesh.k = 3$  – брой възли в едно измерение
- $k\_ary\_n\_mesh.n = 2$  – брой на измеренията



Фиг. 6. Избор на конфигурация за провеждане на експериментите



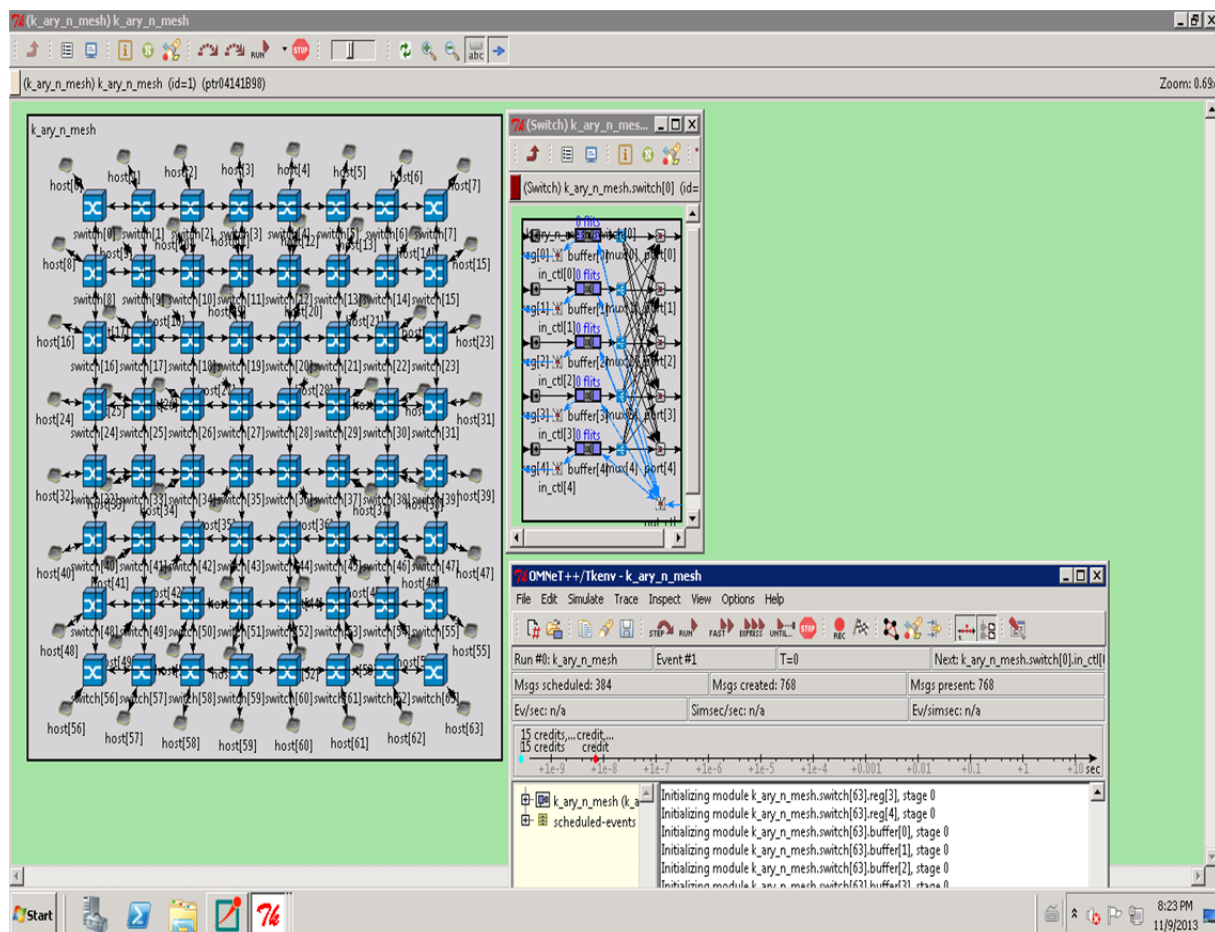
Фиг. 7. Симулация при конфигурация 3x3



Промяна на радикаса на мрежата може да се постигне с промяна на конфигурационните параметри:

- $k\_ary\_n\_mesh.k = 8$  – брой възли в едно измерение
- $k\_ary\_n\_mesh.n = 2$  – брой на измеренията

В този случай мрежата ще се състои от 64 възела.



Фиг. 8. Симулация при конфигурация 8x8

### 3.2. Задаване на параметрите за изпълнението на симулацията

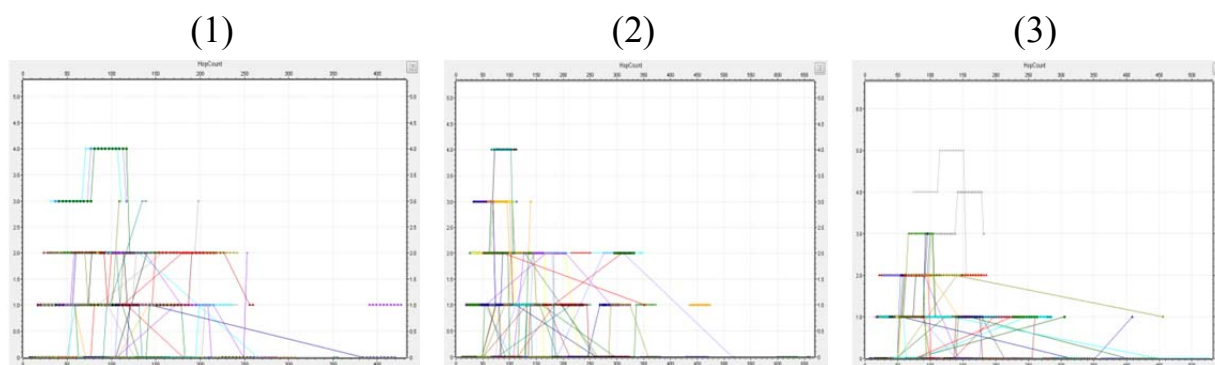
- Типа на симулацията – с визуализация или в конзолен режим, като втория вариант е по-бърз за изпълнение;
- Броя на едновременните изпълнения (Process to run in parallel);
- Вида на разпределението на трафика в мрежата.

### 3.3. Стартиране на конфигурираната симулация, събиране на данни от симулациите в скалярни и векторни файлове и анализ на резултатите

#### 4. Експериментални резултати и оформяне на протокол

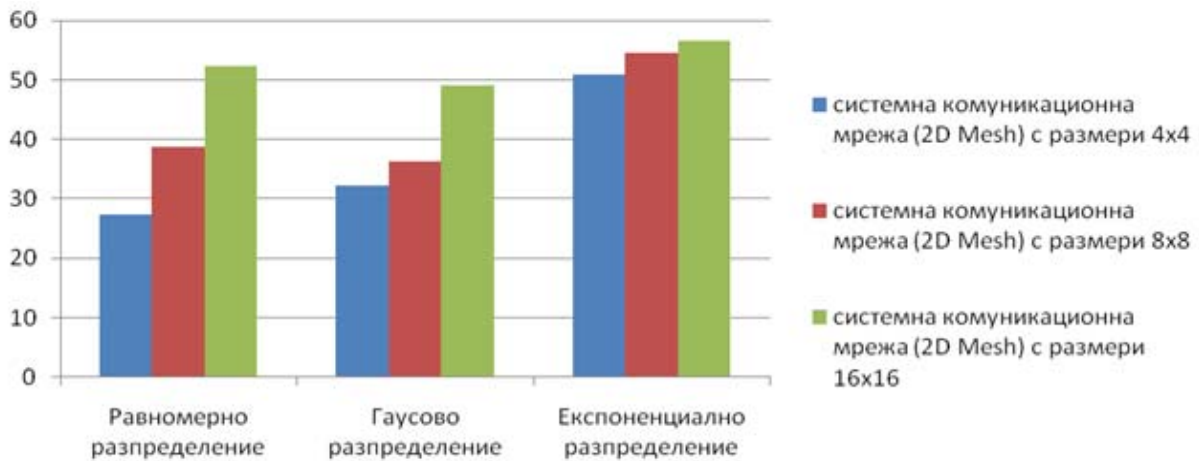
Изследвани и анализирани са динамичните характеристики на системна мрежа с топология двумерна решетка (2D-Mesh), като комутаторите са подредени в матрица  $N \times N$ . Всеки от тях е свързан с осем съседни комутатора, като това са именно съседните им по осите X и Y и по двата диагонала. Експериментите са проведени в симулационната среда OMNeT++.

Тестовите и изследванията са проведени за три вида разпределение на пакетите: равномерно, гаусово и експоненциално. Всяко от тях се изпробва при размери на мрежата 4x4, 8x8 и 16x16, като всеки от хостовете генерира по 2 000 пакета с размер 50 флита.



Фиг. 9. Брой на стъпките на комутация (Hop count)  
за размер на мрежата 4x4 при:  
(1) равномерно разпределение  
(2) гаусово разпределение  
(3) експоненциално разпределение

Резултатите, получени за средните закъснения по системна комуникационна мрежа с размери 4x4, 8x8 и 16x16 за съответните разпределения, са представени на фиг. 10.



Фиг. 10. Латентност на системната комуникационна мрежа с топология 2D-Mesh при размери 4x4, 8x8, 16x16

## Оформяне на протокол

Да се проведат изследвания на високоскоростна системна мрежа 8x8 в средата OMNeT++ и да се оценят параметрите на комуникационната производителност латентност и пропускателна способност при предаване на 10 000 пакета с размер 64 флита и равномерно разпределение на трафика в мрежата. Получените от симулацията резултати да бъдат представени в протокол.