

Міністерство освіти і науки України
Національний авіаційний університет
Навчально-науковий інститут комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

Курсовий проект
з дисципліни «Комп'ютерні системи»
Варіант №8

Виконав:
студент ННІКІТ
групи СП-325
Клокун В. Д.
Перевірив:
Ковальов М. О.

Київ 2019

ЗМІСТ

1	Завдання	2
2	Теоретичні відомості	3
3	Хід виконання роботи	4
3.1	Визначення порядку нумерації процесорів у кластерах системи при масштабуванні	4
3.1.1	Топологія «Лінійка»	4
3.1.2	Топологія «Зірка»	5
3.1.3	Топологія «Кільце»	8
3.1.4	Топологія «Решітка»	10
3.2	Визначення кількості процесорів, які додаються на кожному кроці масштабування	13
3.3	Опис внутрішньо- та міжкластерних зв'язків при масштабуванні	13
3.4	Обчислення топологічних характеристик	13
3.4.1	Топологія «Лінійка»	14
3.4.2	Топологія «Зірка»	14
3.4.3	Топологія «Кільце»	14
3.4.4	Топологія «Решітка»	16
3.5	Побудова графіків	16
3.6	Порівняльний аналіз	16
4	Висновок	16

1. ЗАВДАННЯ

Варіант завдання на курсовий проект визначався за списком групи, тому необхідно виконати варіант №8, в якому необхідно дослідити топологічні характеристики паралельних обчислювальних систем з масивно-паралельними архітектурами за заданим кластером (рис. 1).

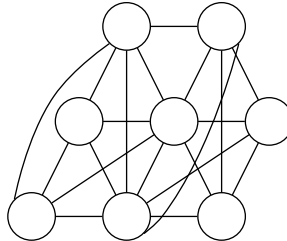


Рис. 1: Граф заданого кластера

2. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Метою курсової роботи є дослідження основних топологічних характеристик паралельних обчислювальних систем з масивно-паралельними архітектурами (massive parallel processing, MPP-системи).

MPP-системи — це багатопроцесорні системи з розподіленою (локальною) оперативною пам'яттю. Їхня основна перевага — необмежена масштабованість (можливість збільшення кількості процесорів у системі без зміни її властивостей). У зв'язку із цим MPP-системи містять сотні, тисячі процесорів. Так, у цей час, найбільш продуктивні MPP-системи у світі містять близько мільйона процесорів. Відомо два способи взаємозв'язків між процесорами в MPP-системі:

- статичний, коли процесори зв'язані за допомогою спеціальних двуправлених каналів;
- динамічний, коли для взаємозв'язків між процесорами використовують комутатори.

У першому випадку процесори в MPP-системах можуть поєднуватися в різні топології, а в другому випадку — являють собою тільки повнозв'язану топологію. У даній роботі розглядається MPP-системи зі статичними взаємозв'язками. Для таких систем існує множина топологічних характеристик. Основними топологічними характеристиками є:

1. Діаметр системи (D) — це мінімальна відстань між двома максимально

віддаленими процесорами. Наприклад, діаметр для повнозв'язаної системи дорівнює 1, а для топології «зірка» дорівнює 2. Діаметр кільцевої топології дорівнює $n/2$, а лінійної топології дорівнює $n - 1$, де n — кількість процесорів у системі. Оптимальним є мінімальне значення діаметра. Приклади різних графів топологій систем наведені на рис. 1.

2. Середній діаметр (\bar{D}). Ця характеристика визначається за формулою,

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} d_{ij}}{n(n-1)} \quad (1)$$

де d_{ij} — мінімальна відстань між i -м та j -м процесорами. Оптимальним є мінімальне значення середнього діаметра.

3. Степінь (S). Ця характеристика визначається як максимальна кількість дуг (зв'язків), інцидентні вершині (процесору) у графі топології системи. Так, степінь лінійної й кільцевої топології дорівнює 2, повнозв'язної топології дорівнює $n - 1$.
4. Вартість (C). Існує множина варіантів визначення вартості системи. Відповідно до одного з них вартість визначається як сумарна кількість зв'язків у системі. Відповідно до іншого варіанта вартість визначається за формулою:

$$C = DnS. \quad (2)$$

У роботі можна використати будь-який варіант визначення вартості. Оптимальним є мінімальне значення вартості.

5. Топологічний трафік (T). Ця характеристика визначається за формулою:

(3)

Топологічний трафік визначає степінь використання зв'язків у системі. Оптимальне значення $T = 1$, що означає потенційне використання всіх наявних зв'язків між процесорами. Якщо $T < 1$, це означає, що частина фізичних зв'язків у системі при пересиланні даних не будуть використані. Якщо ж $T > 1$, при пересиланні даних зв'язків, які є в системі, буде недостатньо, тобто можливі додаткові тимчасові затримки.

3. ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

3.1. Визначення порядку нумерації процесорів у кластерах системи при масштабуванні

Спочатку визначимо порядок нумерації процесорів у заданому кластері. Будемо нумерувати процесори зліва-направо, зверху вниз. Визначившись з порядком, побудуємо відповідний граф заданого кластера (рис. 2).

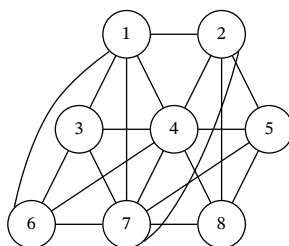


Рис. 2: Граф-схема заданого кластера з пронумерованими вершинами

Пронумерувавши кластер та побудувавши його граф-схему, переходимо до наступного етапу — масштабування систем за топологіями.

3.1.1. Топологія «Лінійка»

Як зрозуміло з назви, топологія «Лінійка» масштабується лінійно: кожен кластер послідовно під'єднується до обраної вершини попереднього кластера. Виконаємо масштабування заданого кластера для топології «Лінійка» (рис. 3, 4, 5, 6).

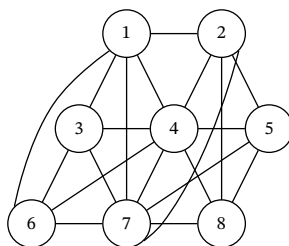


Рис. 3: Масштабування топології «Лінійка», крок 1

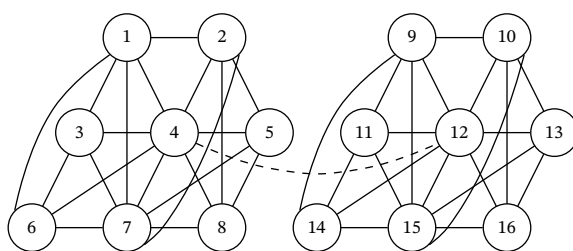


Рис. 4: Масштабування топології «Лінійка», крок 2

На кроці 4 (рис. 6) вже видно, за яким принципом масштабується топологія «Лінійка», тому завершуємо її масштабування.

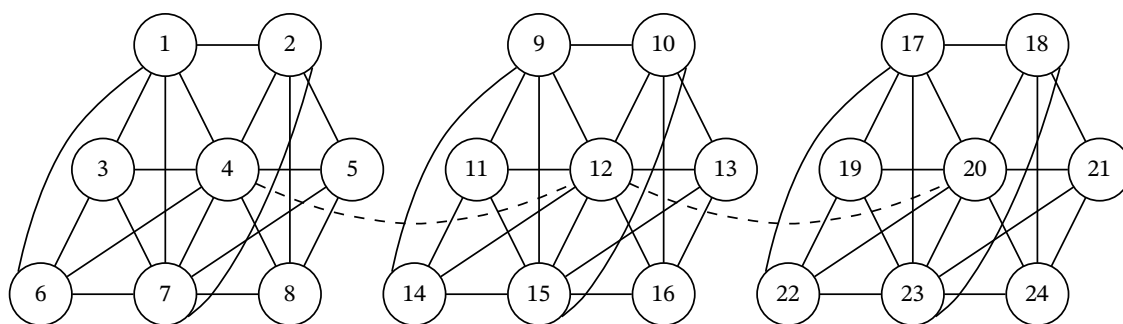


Рис. 5: Масштабування топології «Лінійка», крок 3

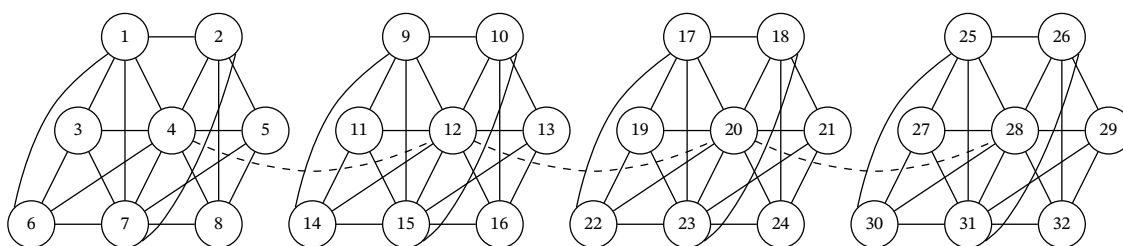


Рис. 6: Масштабування топології «Лінійка», крок 4

3.1.2. Топологія «Зірка»

При використанні топології «Зірка» кожен новий кластер під'єднується до обраної вершини центрального кластера. Виконаємо масштабування заданого кластера для топології «Зірка» (рис. 7, 8, 9, 10).

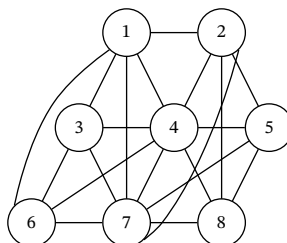


Рис. 7: Масштабування топології «Зірка», крок 1

На кроці 4 (рис. 10) вже наочно видно, за яким принципом масштабується топологія «Зірка», тому завершуємо її масштабування.

3.1.3. Топологія «Кільце»

При використанні топології «Кільце» кожен новий кластер під'єднується до обраної вершини попередньо підключеного кластера, також останній підклю-

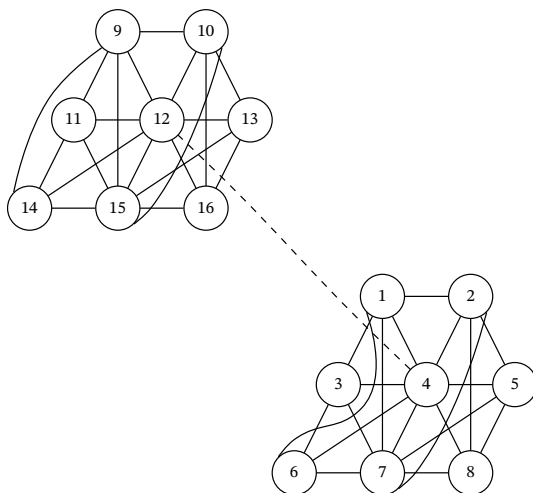


Рис. 8: Масштабування топології «Зірка», крок 2

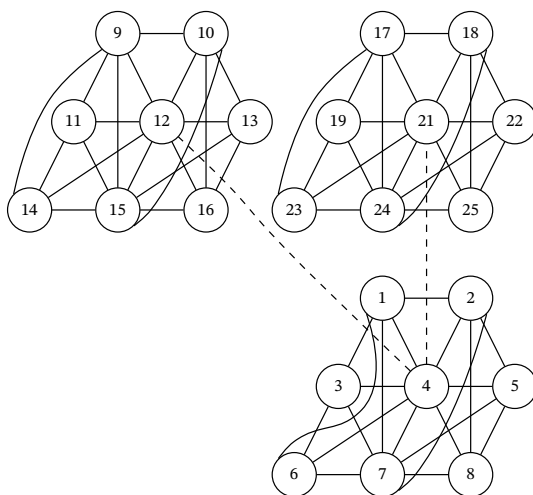


Рис. 9: Масштабування топології «Зірка», крок 3

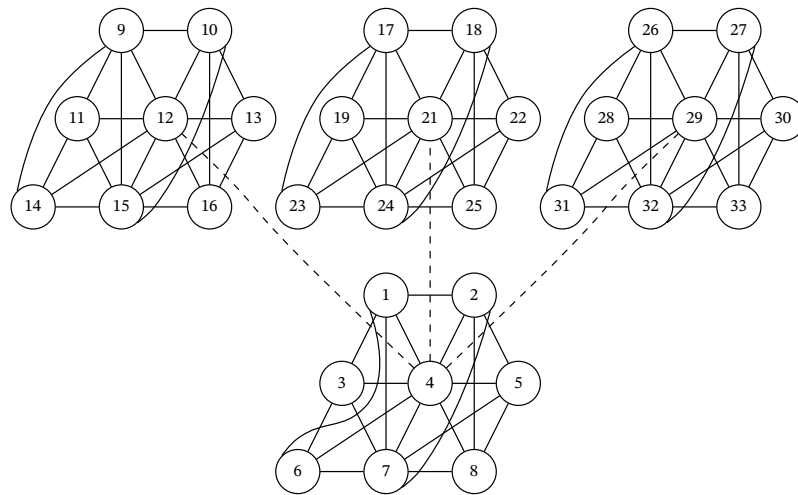


Рис. 10: Масштабування топології «Зірка», крок 4

чений кластер під'єднується до першого підключеного кластера, щоб замкнути кільце. Виконаємо масштабування заданого кластера для топології «Кільце» (рис. 11, 12, 13, 14).

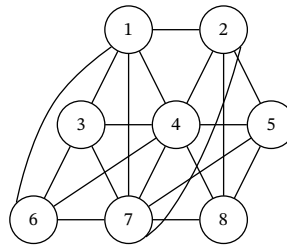


Рис. 11: Масштабування топології «Кільце», крок 1

На кроці 5 (рис. 15) вже наочно видно, за яким принципом масштабується топологія «Кільце», тому завершуємо її масштабування.

3.1.4. Топологія «Решітка»

При використанні топології «Решітка» кожен новий кластер під'єднується до обраної вершини своїх двох найближчих сусідів зліва та згори. Нарощування решітки відбувається так: поки решітка не квадратна, і поточний рядок не заповнений, заповнюється горизонталь, потім переходимо на новий рядок і повторюємо вищеописаний крок; якщо решітка квадратна — додаємо новий кластер по горизонталі. Виконаємо масштабування заданого кластера для топології «Решітка» (рис. 16, 17, 18, 19).

На кроці 5 (рис. 20) вже наочно видно, за яким принципом масштабується

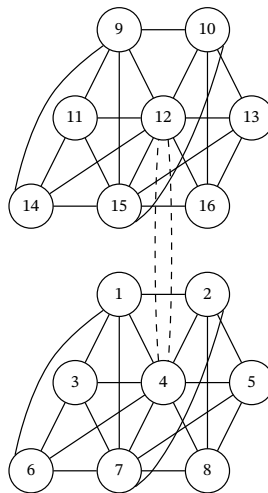


Рис. 12: Масштабування топології «Кільце», крок 2

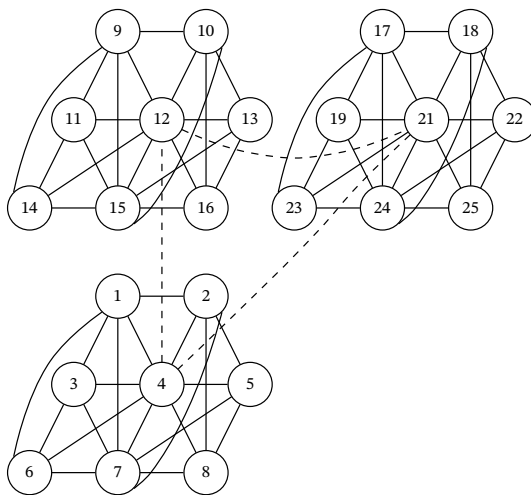


Рис. 13: Масштабування топології «Кільце», крок 3

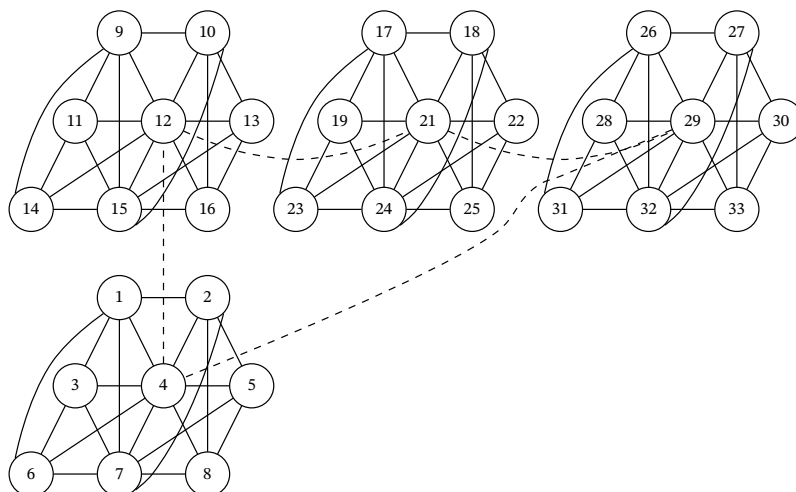


Рис. 14: Масштабування топології «Кільце», крок 4

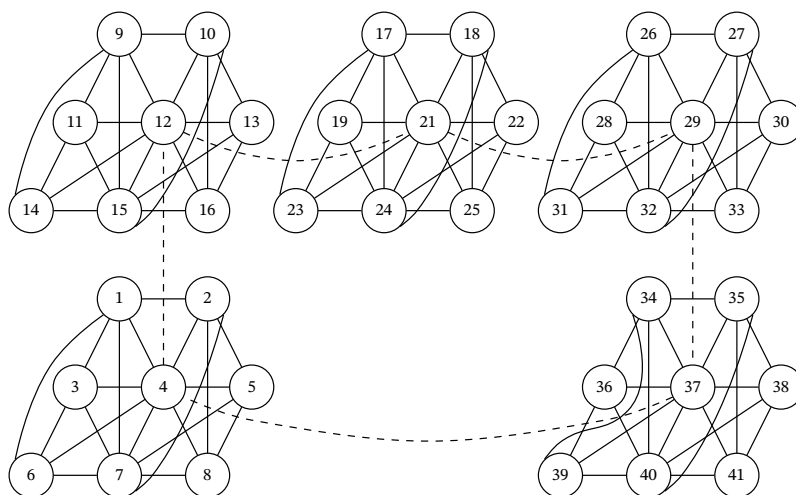


Рис. 15: Масштабування топології «Кільце», крок 5

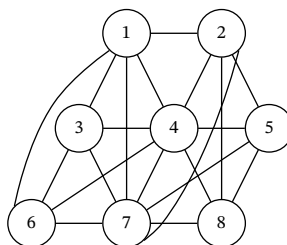


Рис. 16: Масштабування топології «Решітка», крок 1

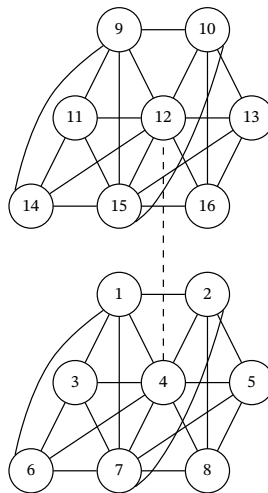


Рис. 17: Масштабування топології «Решітка», крок 2

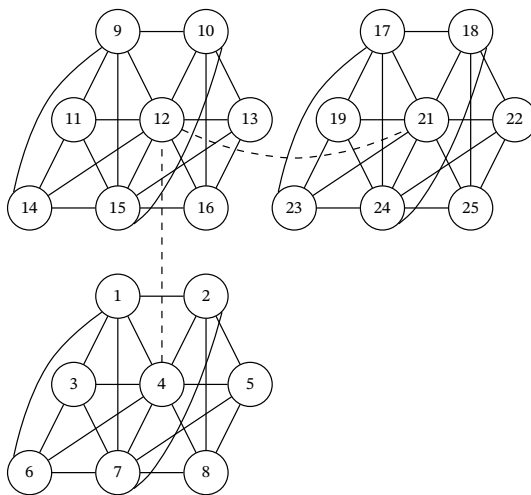


Рис. 18: Масштабування топології «Решітка», крок 3

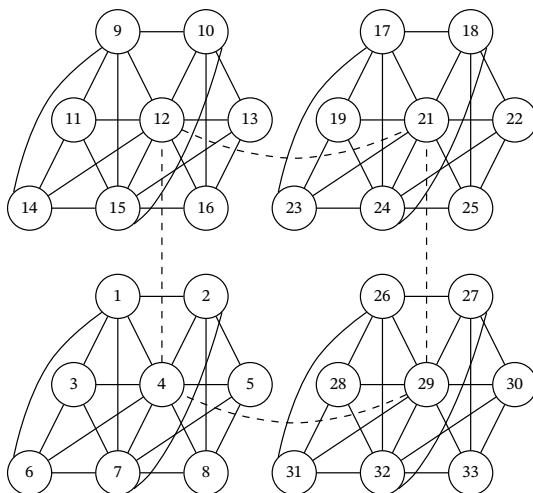


Рис. 19: Масштабування топології «Решітка», крок 4

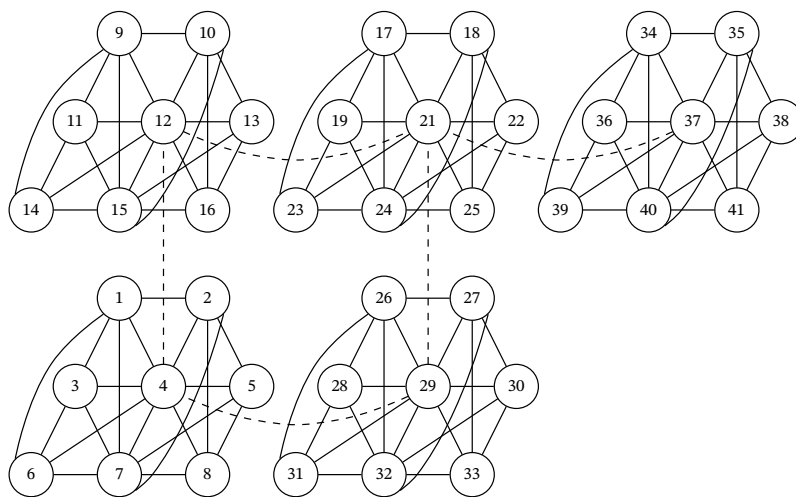


Рис. 20: Масштабування топології «Решітка», крок 5

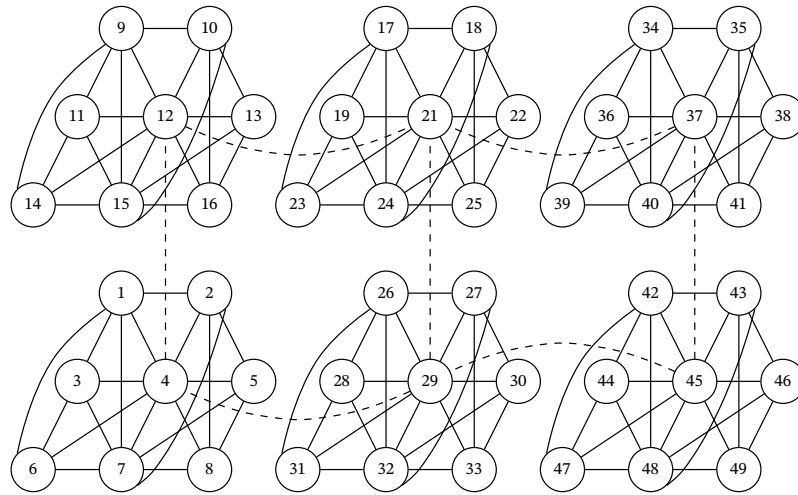


Рис. 21: Масштабування топології «Решітка», крок 6

топологія «Решітка», тому завершуємо її масштабування.

3.2. Визначення кількості процесорів, які додаються на кожному кроці масштабування

Визначаємо кількість процесорів, які додаються на кожному кроці масштабування. Оскільки граф-схема заданого кластера містить 8 вершин, то і на кожному кроці будуть додаватись по 8 процесорів.

3.3. Опис внутрішньо- та міжкластерних зв'язків при масштабуванні

При масштабуванні внутрішньокластерні зв'язки не змінюються, оскільки при масштабуванні топологій кластери під'єднуються до заданих процесорів, тобто створюється тільки новий міжкластерний зв'язок. Опис міжкластерних зв'язків при масштабуванні наведений відповідно для кожної топології (пп. 3.1).

3.4. Обчислення топологічних характеристик

Промасштабувавши кожну з досліджуваних топологій, обчислюємо їх топологічні характеристики для кожного кроку масштабування. До досліджуваних топологічних характеристик належать: діаметр D , середній діаметр \bar{D} , степінь S , вартість C і трафік T .

3.4.1. Топологія «Лінійка»

Розглянемо промасштабовану топологію «Лінійка». Обчислимо та запишемо її топологічні характеристики на кожному етапі масштабування, вказуючи кількість процесорів, що є в системі на даному етапі (табл. 1).

Табл. 1: Залежність топологічних характеристик від кількості процесорів під час масштабування топологією «Лінійка»

К-кість проц. n	Топологічні характеристики				
	Діаметр D	Середній діаметр \bar{D}	Степінь S	Вартість C	Трафік T
8	2	1,2857	7	20	0,3673
16	3	2,0667	8	41	0,5167
24	4	2,5362	9	62	0,5636
32	5	2,9355	9	83	0,6523
40	6	3,3077	9	104	0,7350
48	7	3,6667	9	125	0,8148
56	8	4,0182	9	146	0,8929
64	9	4,3651	9	167	0,9700
72	10	4,7089	9	188	1,0464
80	11	5,0506	9	209	1,1224
88	12	5,3908	9	230	1,1980
96	13	5,7298	9	251	1,2733
104	14	6,0680	9	272	1,3484

3.4.2. Топологія «Зірка»

Розглянемо промасштабовану топологію «Зірка». Обчислимо та запишемо її топологічні характеристики на кожному етапі масштабування, вказуючи кількість процесорів, що є в системі на даному етапі (табл. 2).

3.4.3. Топологія «Кільце»

Розглянемо промасштабовану топологію «Кільце». Обчислимо та запишемо її топологічні характеристики на кожному етапі масштабування, вказуючи кількість процесорів, що є в системі на даному етапі (табл. 3).

Табл. 2: Залежність топологічних характеристик від кількості процесорів під час масштабування топологією «Зірка»

К-кість проц. n	Топологічні характеристики				
	Діаметр D	Середній діаметр \bar{D}	Степінь S	Вартість C	Трафік T
8	2	1,2857	7	20	0,3673
16	3	2,0667	8	41	0,5167
24	4	2,5362	9	62	0,5636
32	4	2,8065	10	83	0,5613
40	4	2,9795	11	104	0,5417
48	4	3,0993	12	125	0,5165
56	4	3,1870	13	146	0,4903
64	4	3,2540	14	167	0,4649
72	4	3,3067	15	188	0,4409
80	4	3,3494	16	209	0,4187
88	4	3,3845	17	230	0,3982
96	4	3,4140	18	251	0,3793
104	4	3,4391	19	272	0,3620

Табл. 3: Залежність топологічних характеристик від кількості процесорів під час масштабування топологією «Кільце»

К-кість проц. n	Топологічні характеристики				
	Діаметр D	Середній діаметр \bar{D}	Степінь S	Вартість C	Трафік T
8	2	1,2857	7	20	0,3673
16	3	2,0667	8	41	0,5167
24	3	2,3043	9	63	0,5121
32	4	2,6774	9	84	0,5950
40	4	2,8974	9	105	0,6439
48	5	3,2128	9	126	0,7139
56	5	3,4364	9	147	0,7636
64	6	3,7302	9	168	0,8289
72	6	3,9577	9	189	0,8795
80	7	4,2405	9	210	0,9423
88	7	4,4713	9	231	0,9936
96	8	4,7474	9	252	1,0550
104	8	4,9806	9	273	1,1068

3.4.4. Топологія «Решітка»

Розглянемо промасштабовану топологію «Решітка». Обчислимо та запишемо її топологічні характеристики на кожному етапі масштабування, вказуючи кількість процесорів, що є в системі на даному етапі (табл. 4).

Табл. 4: Залежність топологічних характеристик від кількості процесорів під час масштабування топологією «Решітка»

К-кість проц. n	Топологічні характеристики				
	Діаметр D	Середній діаметр \bar{D}	Степінь S	Вартість C	Трафік T
8	2	1,2857	7	20	0,3673
16	3	2,0667	8	41	0,5167
24	4	2,5362	9	62	0,5636
32	4	2,6774	9	84	0,5950
40	5	2,9795	10	105	0,5959
48	5	3,0993	10	127	0,6199
56	6	3,3532	10	148	0,6706
64	6	3,4127	11	170	0,6205
72	6	3,5070	11	192	0,6376
80	7	3,7139	11	213	0,6753
88	7	3,7858	11	235	0,6883
96	7	3,8772	11	257	0,7049
104	8	4,0605	11	278	0,7383

3.5. Побудова графіків

Обчисливши топологічні характеристики при масштабуванні кожної топології, побудуємо графіки залежності кожної топологічної характеристики для усіх топологій, а саме: діаметр D (рис. 22), середній діаметр \bar{D} (рис. 23), степінь S (рис. 24), вартість C (рис. 25) і трафік T (рис. 26).

3.6. Порівняльний аналіз

4. ВИСНОВОК

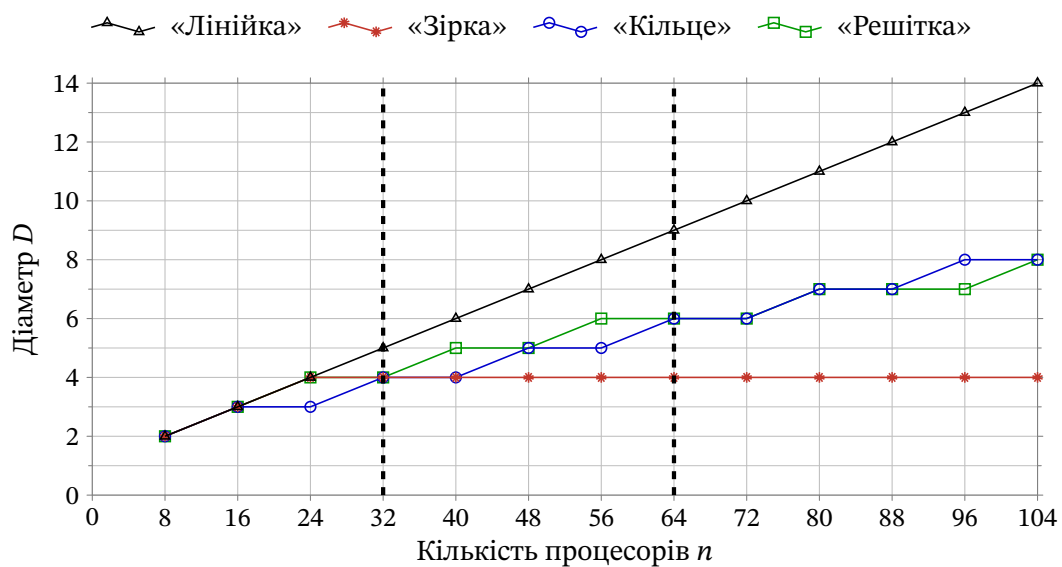


Рис. 22: Графік залежності діаметра D для топологій «Лінійка», «Зірка», «Кільце» і «Решітка»

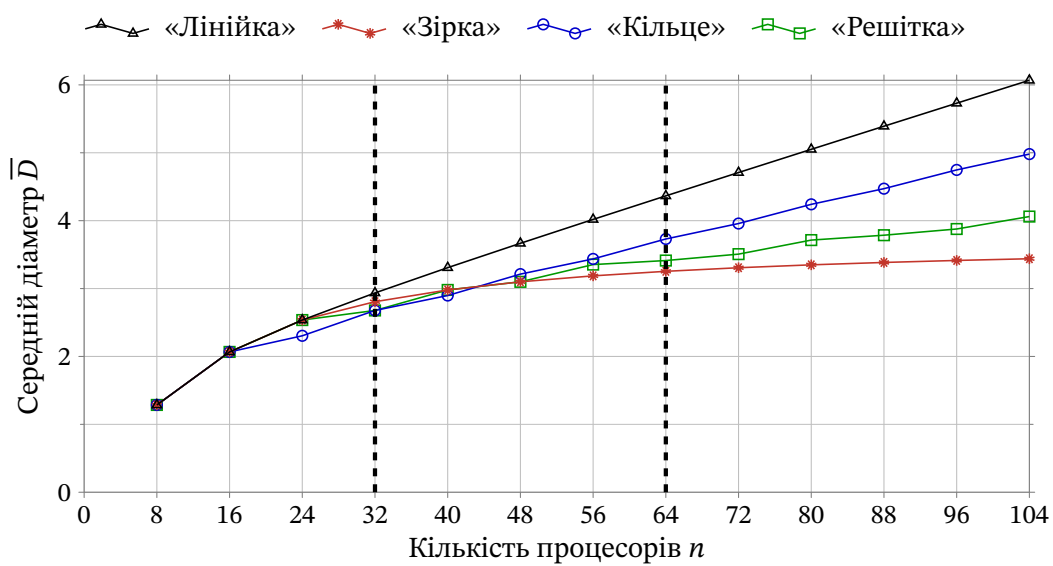


Рис. 23: Графік залежності середнього діаметра \bar{D} для топологій «Лінійка», «Зірка», «Кільце» і «Решітка»

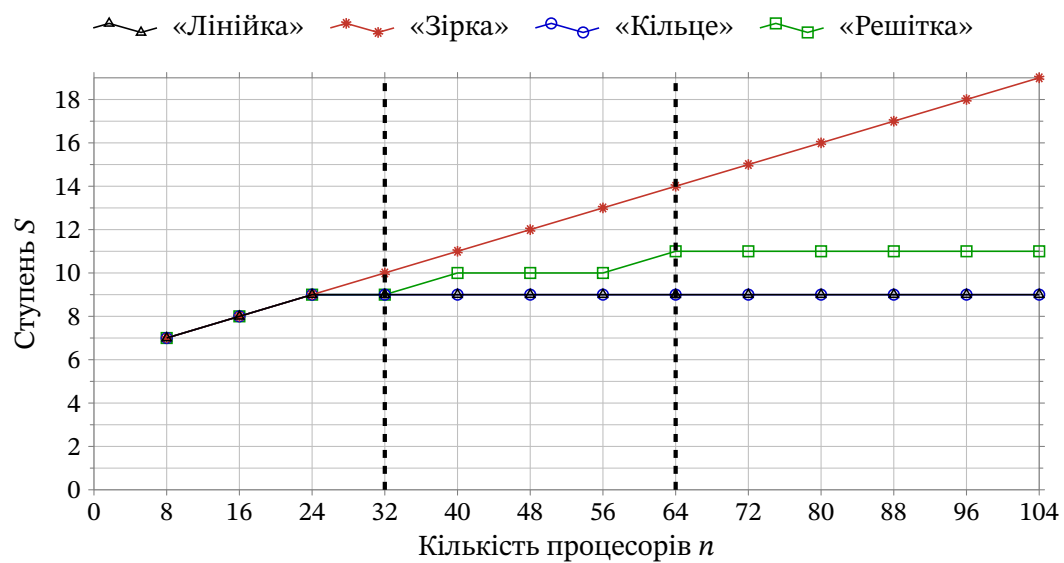


Рис. 24: Графік залежності ступеня S для топологій «Лінійка», «Зірка», «Кільце» і «Решітка»

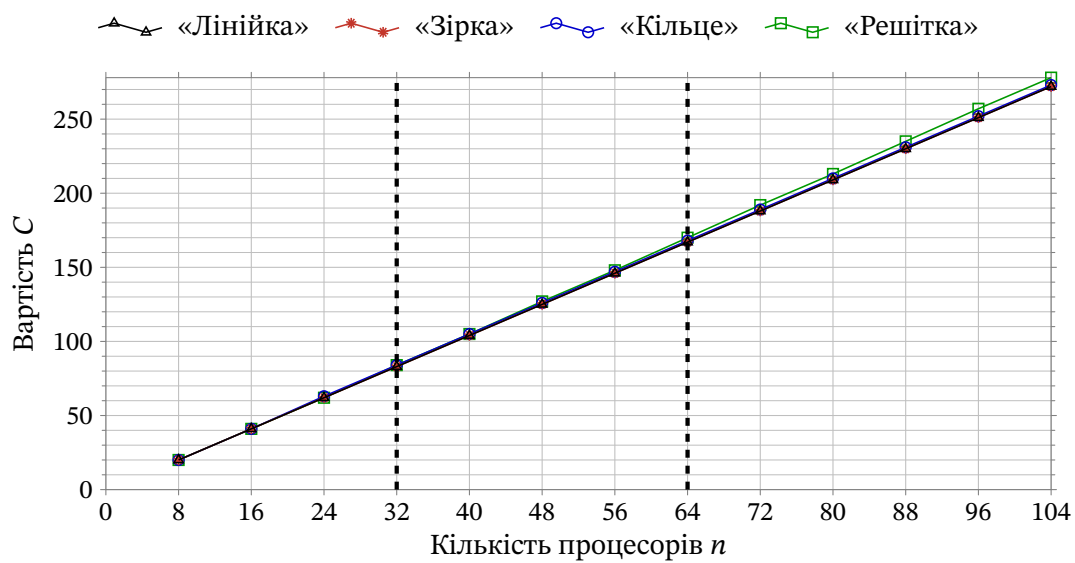


Рис. 25: Графік залежності вартості C для топологій «Лінійка», «Зірка», «Кільце» і «Решітка»

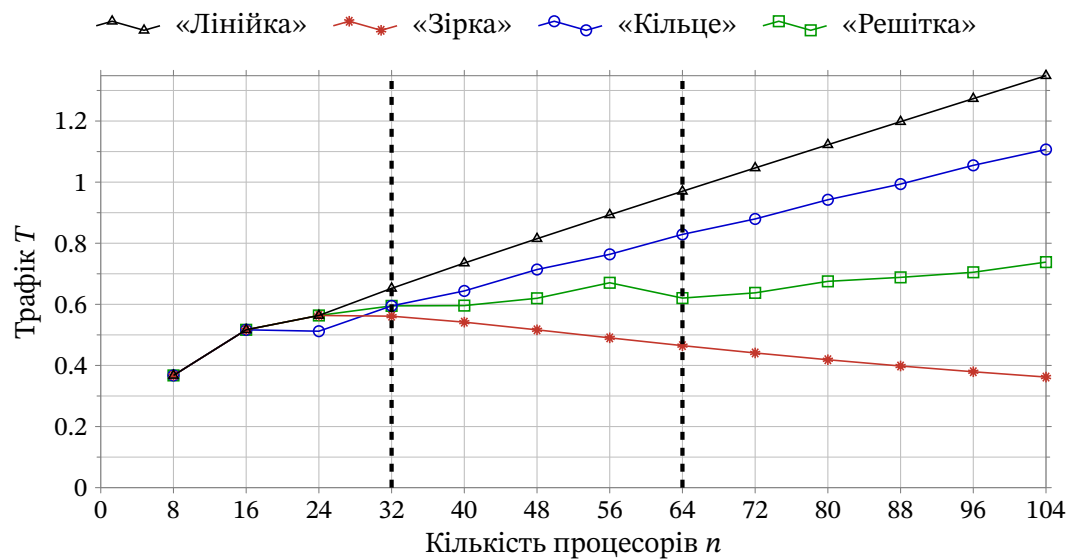


Рис. 26: Графік залежності трафіка T для топологій «Лінійка», «Зірка», «Кільце» і «Решітка»

Табл. 5: Значення топологічних характеристик топологій «Лінійка», «Зірка», «Кільце» і «Решітка» для зони 1 (кількість процесорів n від 1 до 32)

Топологія	Діаметр D	Сер. діам. \bar{D}	Степінь S	Вартість C	Трафік T
Лінійка	3,50	2,2060	8,25	51,50	0,5250
Зірка	3,25	2,1738	8,50	51,50	0,5022
Кільце	3	2,0835	8,25	52	0,4978
Решітка	3,25	2,1415	8,60	51,75	0,5107

Табл. 6: Значення топологічних характеристик топологій «Лінійка», «Зірка», «Кільце» і «Решітка» для зони 2 (кількість процесорів n від 33 до 64)

Топологія	Діаметр D	Сер. діам. \bar{D}	Степінь S	Вартість C	Трафік T
Лінійка	7,50	3,8394	9	135,50	0,8532
Зірка	4	3,1299	12,50	135,50	0,5034
Кільце	5	3,3192	9	136,50	0,7376
Решітка	5,50	3,2112	10,25	137,50	0,6267

Табл. 7: Значення топологічних характеристик топологій «Лінійка», «Зірка», «Кільце» і «Решітка» для зони 3 (кількість процесорів n від 65 до 104)

Топологія	Діаметр D	Сер. діам. \bar{D}	Степінь S	Вартість C	Трафік T
Лінійка	12	5,3896	9	230	1,1977
Зірка	4	3,3788	17	230	0,3998
Кільце	7,20	4,4795	9	231	0,9954
Решітка	7	3,7889	11	235	0,6889

Табл. 8: Оцінки значень топологічних характеристик топологій «Лінійка», «Зірка», «Кільце» і «Решітка» для зони 1 (кількість процесорів n від 1 до 32)

Топологія	Діаметр D	Сер. діаметр \bar{D}	Степінь S	Вартість C	Трафік T
Лінійка	5	5	5	5	1
Зірка	5	5	5	5	1
Кільце	5	5	5	5	1
Решітка	5	5	5	5	1

Табл. 9: Оцінки значень топологічних характеристик топологій «Лінійка», «Зірка», «Кільце» і «Решітка» для зони 2 (кількість процесорів n від 33 до 64)

Топологія	Діаметр D	Сер. діаметр \bar{D}	Степінь S	Вартість C	Трафік T
Лінійка	3	3	5	3	4
Зірка	5	4	3	3	1
Кільце	4	4	5	3	3
Решітка	4	4	4	3	2

Табл. 10: Оцінки значень топологічних характеристик топологій «Лінійка», «Зірка», «Кільце» і «Решітка» для зони 3 (кількість процесорів n від 65 до 104)

Топологія	Діаметр D	Сер. діаметр \bar{D}	Степінь S	Вартість C	Трафік T
Лінійка	1	1	5	1	4
Зірка	5	3	1	1	1
Кільце	3	2	5	1	5
Решітка	3	3	4	1	3

Табл. 11: Сумарні оцінки значень топологічних характеристик топологій «Лінійка», «Зірка», «Кільце» і «Решітка»

Топологія	Оцінка для різних зон			Сумарна оцінка
	Зона 1: $n \in [1; 32]$	Зона 2: $n \in [33; 64]$	Зона 3: $n \in [65; 104]$	
Лінійка	21	18	12	51
Зірка	21	16	11	48
Кільце	21	19	16	56
Решітка	21	17	14	52