

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Вятский государственный университет»

Факультет автоматики и вычислительной техники

Кафедра электронных вычислительных машин

Исследование динамических топологий

Отчет по лабораторной работе №7 дисциплины
«Высокопроизводительные вычислительные комплексы»

Вариант 8

Выполнил студент группы ИВТ-41 _____/Крючков И. С./
Проверил _____/Мельцов В. Ю./

Киров 2023

1. Задание №1

Вычислите адрес узла-получателя в сети

Функция	Формула	Адрес узла-источника	Адрес узла-получателя
Идеальное тасование	$S(b_m, b_{m-1}, \dots, b_1)$ $= (b_{m-1}, b_{m-2}, \dots, b_1, b_m)$	00101	01010
Отсутствие тасования	$U(b_m, b_{m-1}, \dots, b_1)$ $= (b_1, b_m, \dots, b_2)$	111001	111100
Субтасование по 4-му биту	$S_i(b_m, b_{m-1}, \dots, b_i, \dots, b_1)$ $= (b_m, \dots, b_{i+1}, b_{i-1}, \dots, b_1, b_i)$	1110110	1111100
Супертасование по 3-му биту	$S^i(b_m, b_{m-1}, \dots, b_i, \dots, b_1)$ $= (b_{m-1}, \dots, b_{m-i+1}, b_m, b_{m-1}, \dots, b_1)$	111101	111101
Баттерфляй	$B(b_m, b_{m-1}, \dots, b_1)$ $= (b_1, b_{m-1}, \dots, b_2, b_m)$	0010001	1010000
Реверсирование битов	$R(b_m, b_{m-1}, \dots, b_1)$ $= (b_1, b_2, \dots, b_m)$	001101	101100

2. Задание №2

Необходимо нарисовать сеть с топологией «Баньян» 8*8

Параметры сети: $n = 8$, число ступеней $m = \log_2 8 = 3$, количество БКЭ

$$\frac{m \cdot n}{2} = 12$$

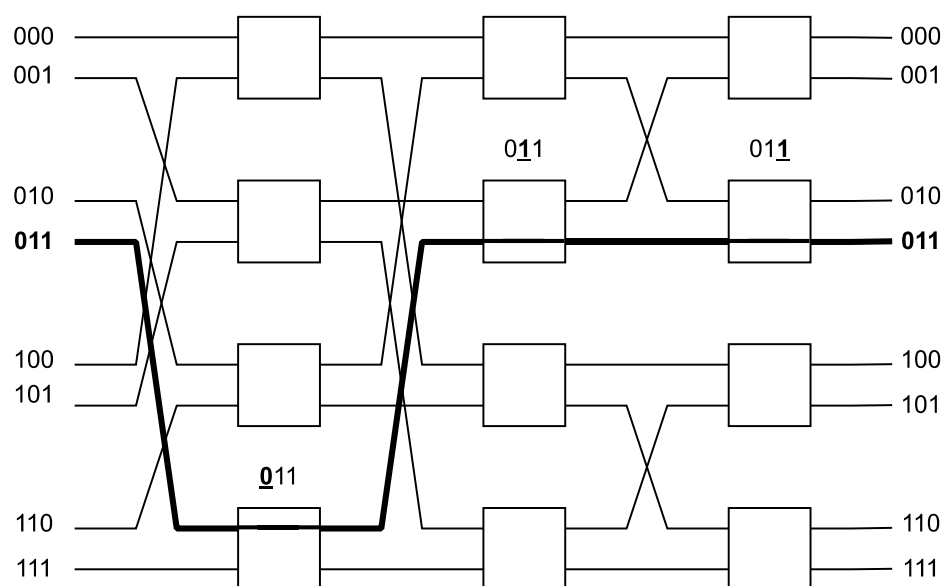


Рисунок 1 – Топология «Баньян» 8*8

Данная сеть относится к сетям с самомаршрутизацией (тип 1), поскольку адрес пункта назначения не только определяет маршрут сообщения к нужному узлу, но и используется для управления прохождением сообщения по этому маршруту. Каждый БКЭ, куда попадает пакет, просматривает один бит адреса и в зависимости от его значения направляет сообщение на выход 1 или 2. Если значение бита равно 0, то сообщение пропускается через верхний выход БКЭ, а при единичном значении – через нижний. На рисунке 1 показан маршрут сообщения со входного узла 011_2 к выходному узлу 011_2 .

Преимущества:

Топология «Баньян» весьма популярна из-за того, что коммутация обеспечивается простыми БКЭ, работающими с одинаковой скоростью, сообщения передаются параллельно. Кроме того, большие сети могут быть построены из стандартных модулей меньшего размера.

Недостатки:

Поскольку данная топология относится к блокирующим сетям, если какое-либо соединение уже установлено, это может стать причиной невозможности установления других соединений. Кроме того, между каждым входным и выходным узлами существует только один путь.

3. Задание №3

Необходимо нарисовать сеть с топологией «Омега» 16×16 .

Параметры сети:

$n = 16$, число ступеней $m = \log_2 16 = 4$, количество БКЭ $\frac{m \cdot n}{2} = 32$

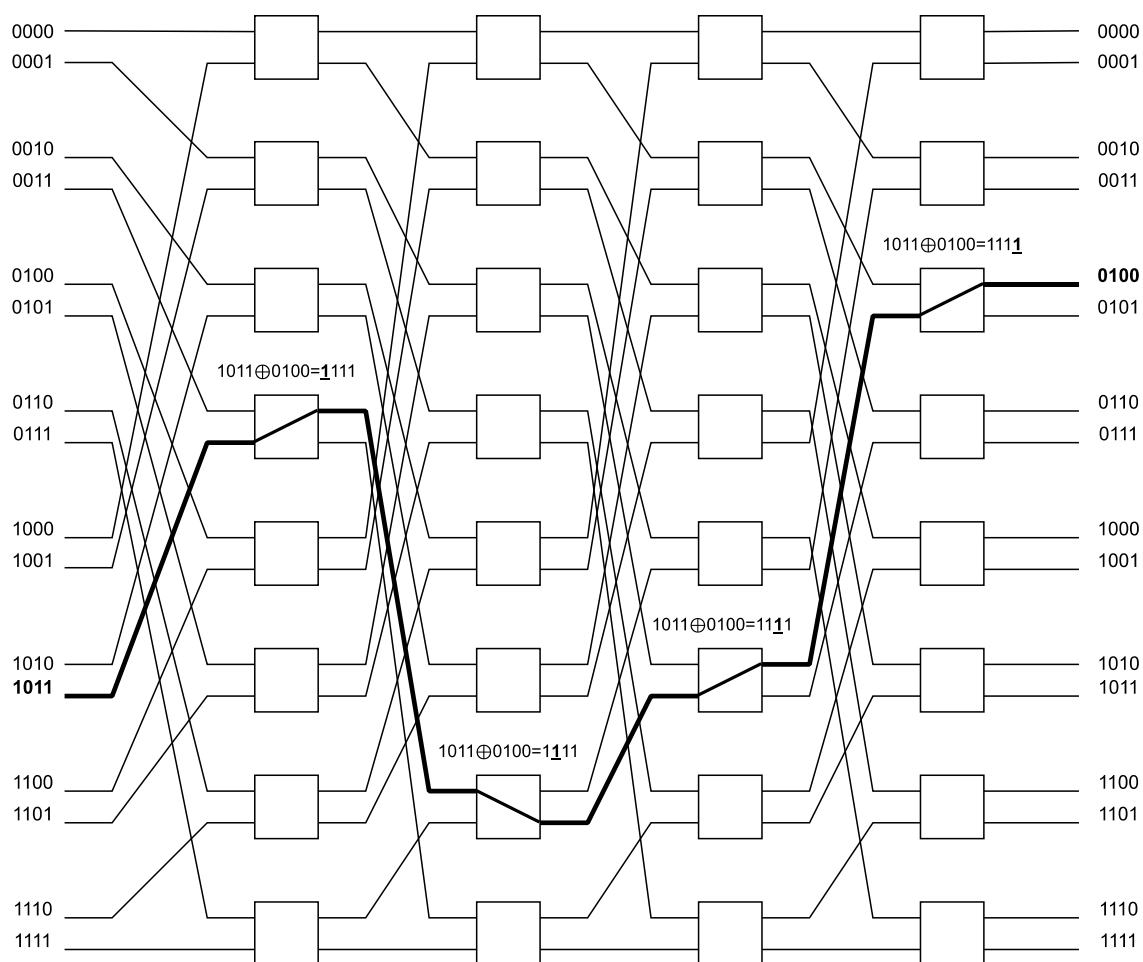


Рисунок 2 – Топология «Омега» 16*16

Данная сеть относится к сетям с самомаршрутизацией по типу 2: адреса пункта отправки и пункта назначения определяют маршрут сообщения к нужному узлу, а также используются для управления прохождением сообщения по этому маршруту.

Состояние, в которое переключается БКЭ на i -й ступени, определяется с помощью операции сложения по модулю 2 значений i -го бита в адресах входного и выходного терминальных узлов. Если $a_i \oplus b_i = 0$, то БКЭ, расположенный на i -й ступени сети, обеспечивает прямую связь входа с выходом, а при $a_i \oplus b_i = 1$ – перекрестное соединение. На рисунке 2 показан маршрут сообщения со входного узла 1011_2 к выходному узлу 0100_2 .

Преимущества:

Коммутация обеспечивается простыми БКЭ, работающими с одинаковой скоростью, сообщения передаются параллельно. Кроме того,

большие сети могут быть построены из стандартных модулей меньшего размера.

Недостатки:

Поскольку данная топология относится к блокирующим сетям, если какое-либо соединение уже установлено, это может стать причиной невозможности установления других соединений. Кроме того, между каждым входным и выходным узлами существует только один путь.

4. Задание №4

Необходимо нарисовать сеть с топологией «Дельта» с 3 ступенями кроссбаров 3×2 .

Параметры сети: количество ступеней: $n = 3$, $a = 3$, $b = 2$, количество входов $a^n = 3^3 = 27$, количество выходов $b^n = 2^3 = 8$.

Адрес получателя задается в заголовке сообщения числом в системе счисления с основанием b , а для прохождения сообщения по сети организуется самомаршрутизация. Входы не подвергаются тасованию. В сеть «Дельта» могут быть введены дополнительные ступени, чтобы обеспечить более чем один маршрут от входа к выходу.

Для внутренней связи между БКЭ используется функция «Идеальное тасование».

Достоинства:

От входа к выходу возможно более одного маршрута, что позволяет изменять трафик сообщения с целью устранения конфликтов. Самомаршрутизация.

Недостатки:

Использует в качестве коммутирующих элементов кроссбары, которые значительно сложнее БКЭ, поэтому и стоимость сети, содержащей кроссбары, выше.

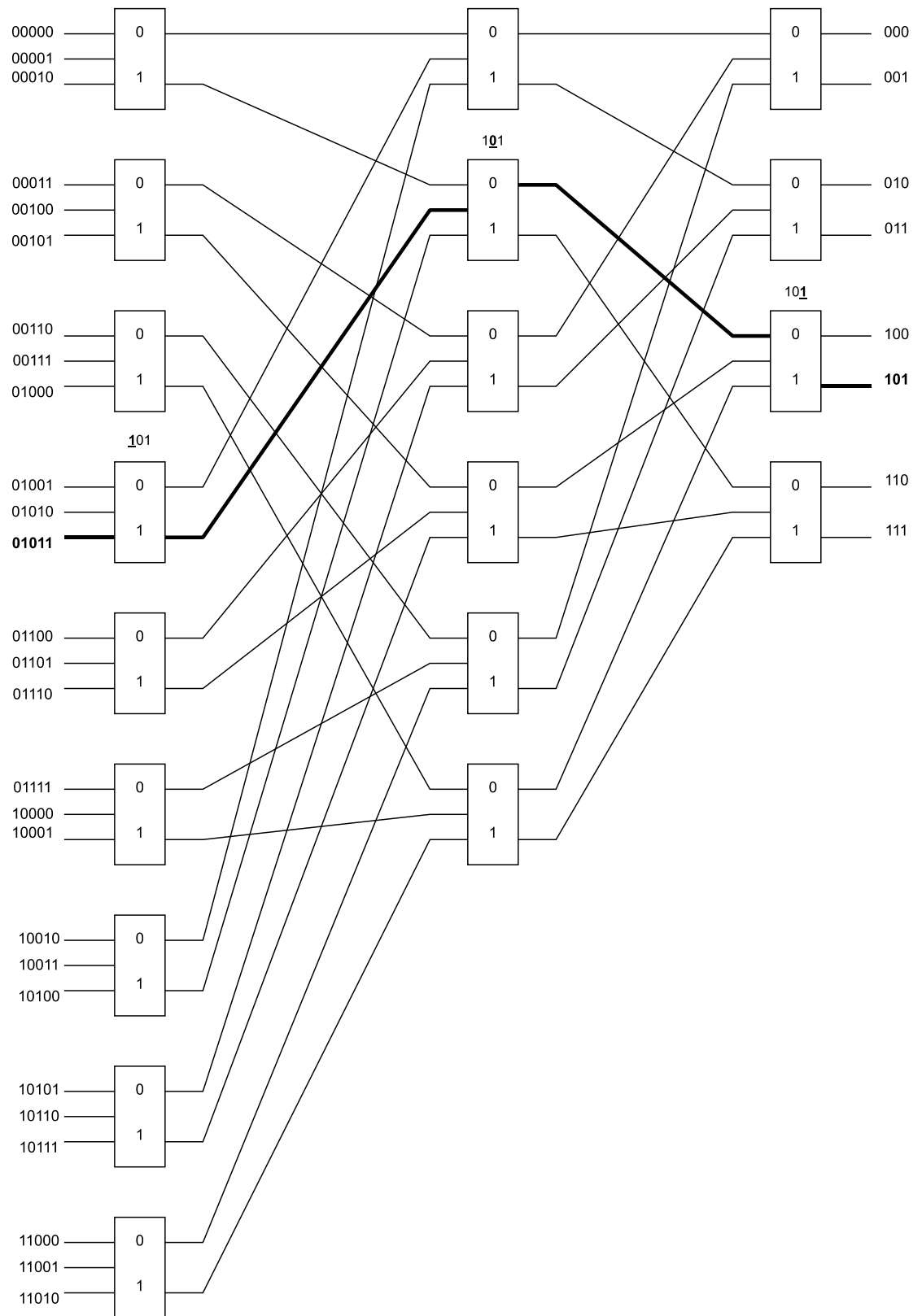


Рисунок 3 – Сеть с топологией «Дельта» с 3 ступенями кроссбаров 3*2

5. Задание №5

Необходимо нарисовать сеть с топологией «Бенеша» 4*4.

Параметры сети: $n = 4$, число ступеней $m = 2 * \log_2 4 - 1 = 3$, количество БКЭ $\frac{mn}{2} = 6$.

Сеть Бенеша с n входами и n выходами имеет симметричную структуру, в каждой половине которой (верхней и нижней) между входными и выходными БКЭ расположена такая же сеть Бенеша, но с $n/2$ входами и $n/2$ выходами. Относится к типу неблокирующих сетей с реконfigurацией.

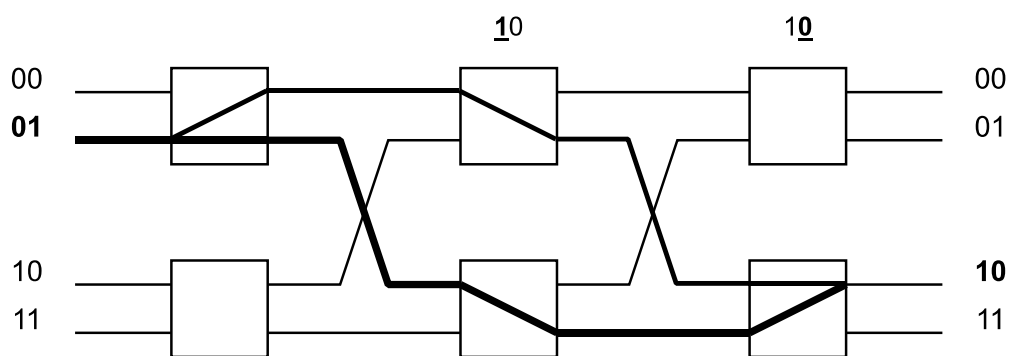


Рисунок 4 – Сеть с топологией «Бенеша» 4*4

Для данной задачи (4*4) на двух последних слоях используется самомаршрутизация. Для маршрутизации на первом слое необходимо использовать дополнительное оборудование.

На рисунке 4 приведены возможные маршруты из узла 01 в 10. Основной маршрут показан для случая, при котором БКЭ на первом слое будет скоmmутирован на «1».

Достоинства:

От входа к выходу возможно более одного маршрута, что позволяет изменять трафик сообщения с целью устранения конфликтов. Коммутация обеспечивается простыми БКЭ, работающими с одинаковой скоростью, сообщения передаются параллельно. Кроме того, большие сети могут быть построены из стандартных модулей меньшего размера.

Недостатки:

В случае возникновения блокировок необходима реконфигурация маршрутов с разрывом уже существующих соединений. Для реализации соединения между произвольными входными и выходными узлами необходимо изменить настройку коммутаторов сети и маршрут связи между соединенными узлами.

6. Задание №6

Необходимо нарисовать сеть с трехступенчатой топологией «Клоша» с:

- $r_1 = 7$ кроссбарами во входной ступени;
- $m = 6$ кроссбарами в промежуточной ступени;
- $r_2 = 4$ кроссбарами в выходной ступени;
- $n_1 = 5$ входами кроссбаров во входной ступени;
- $n_2 = 6$ выходами кроссбаров в выходной ступени.

Число входов сети $N = r_1 n_1 = 7 * 5 = 35$, число выходов $M = r_2 n_2 = 4 * 6 = 24$

Будет ли сеть неблокирующей, зависит от числа промежуточных звеньев. Клош доказал, что подобная сеть является неблокирующей, если количество кроссбаров в промежуточной ступени m удовлетворяет условию: $m = n_1 + n_2 - 1$. При условии $m = n_2$ сеть Клоша можно отнести к неблокирующим сетям с реконфигурацией. Во всех остальных случаях данная топология становится блокирующей. $m = 5 + 6 - 1 = 10 \neq 6 \Rightarrow$ сеть является блокирующей.

На рисунке 5 приведены возможные маршруты из узла 53 в 15. Основной маршрут показан для случая, при котором БКЭ на первом слое будет скоммутирован на «2».

Переключение БКЭ контролирует УУ. Возможных путей из одного узла в другой равно количеству кроссбаров в промежуточной ступени (m), т.к. они обеспечивают соединение кроссбаров входной ступени и выходной.

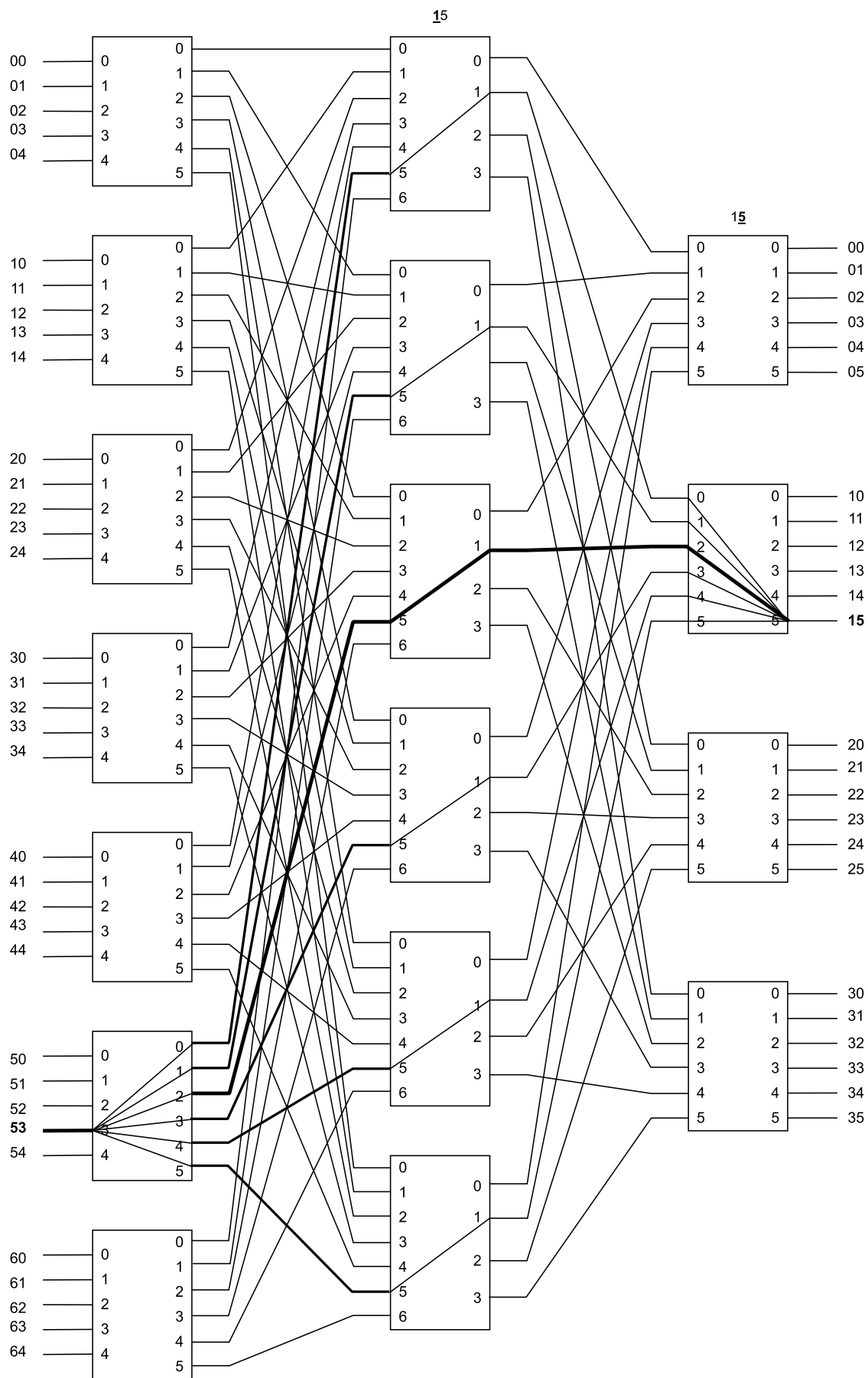


Рисунок 5 – Сеть с топологией «Клоша»

7. Задание №7

Необходимо нарисовать сеть с топологией n-кубической сети с косвенными связями 16×16 .

Параметры сети: $n = 16$, число ступеней $m = \log_2 16 = 4$, количество БКЭ $\frac{mn}{2} = 32$

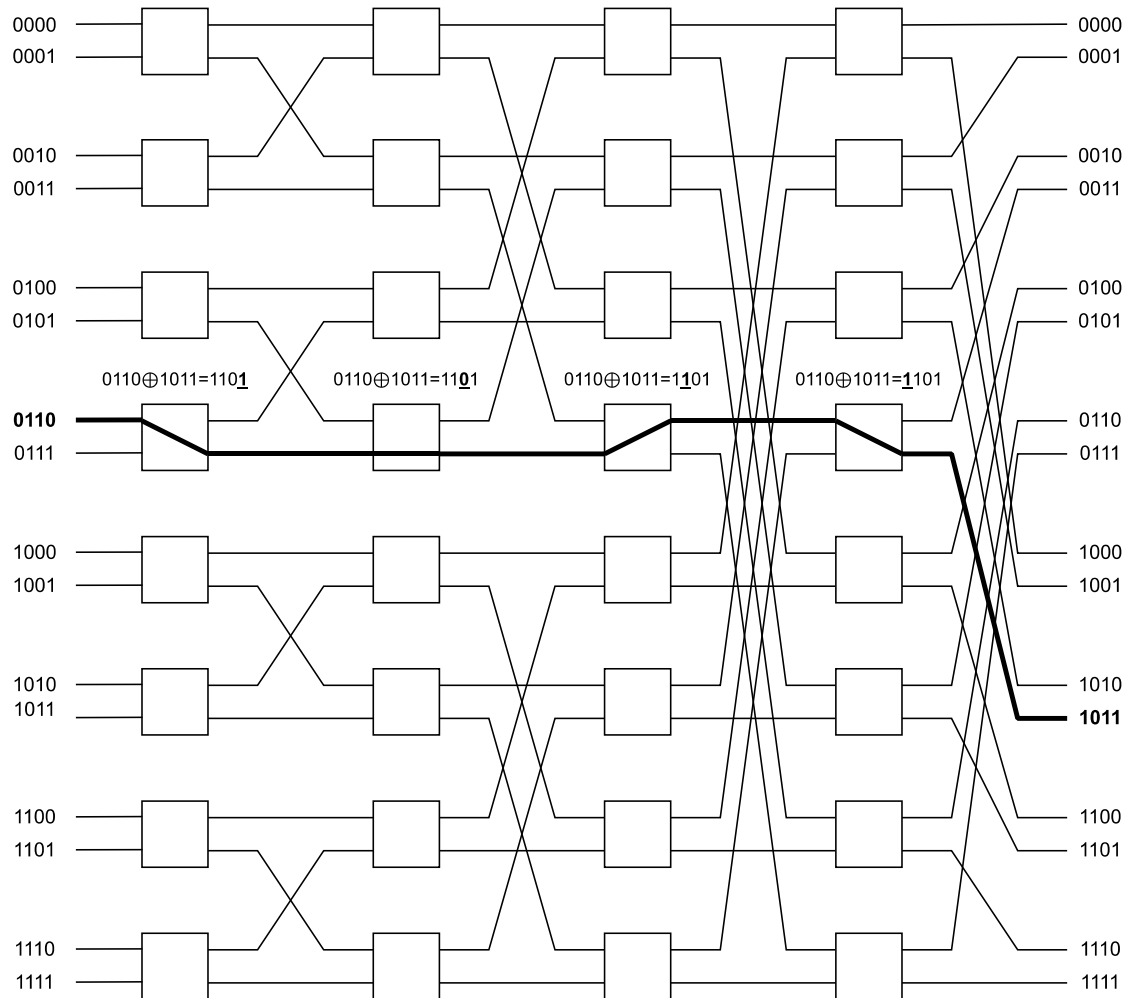


Рисунок 6 – Сеть с топологией n-кубической сети

Ступени коммутации связаны по топологии «Баттерфляй», а на последней ступени используется функция идеального тасования. Фактически сеть представляет собой обращенную матрицу сети «Омега».

Состояние, в которое переключается БКЭ определяется с помощью операции сложения по модулю 2 адресов входного и выходного терминальных узлов, анализ битов результата выполняется в обратном порядке, если очередной бит равен «0» – прямая связь, если «1» – перекрестное соединение

На рисунке 6 показан маршрут сообщения со входного узла 0110_2 к выходному узлу 1011_2 .

Преимущества:

Коммутация обеспечивается простыми БКЭ, работающими с одинаковой скоростью. Кроме того, большие сети могут быть построены из стандартных модулей меньшего размера. Самомаршрутизация по типу 2.

Недостатки:

Поскольку данная топология относится к блокирующим сетям, если какое-либо соединение уже установлено, это может стать причиной невозможности установления других соединений. Кроме того, между каждым входным и выходным узлами существует только один путь.

Выводы

Для сравнения различных конфигураций необходимо, чтобы размерности сетей были одинаковыми. Таким образом, размерность сети равна 16x16.

Стоимость сети S складывается из следующих компонентов: количество и тип КЭ, количество связей (I). За стоимость КЭ примем сумму числа его входов и выходов. Стоимость линии связи примем за 2.

Время передачи сообщения от передатчика до получателя определяется суммой времени передачи сообщения по линии (0.1 сек) и скоростью переключения КЭ (1 сек).

Производительность обратно пропорциональна времени передачи сообщения.

Коэффициент эффективности определяется по формуле:

$$E = \frac{\sqrt{K} * P}{S}$$

где K – количество путей, P – производительность, S – стоимость.

1) Топология «Баньян»

$$\text{Число КЭ} = \frac{n*m}{2} = \frac{16*4}{2} = 32$$

$$\text{Число связей: } I = n * (m - 1) = 16 * (4 - 1) = 48$$

$$\text{Стоимость: } S = N_{\text{КЭ}} * S_{\text{КЭ}} + I * S_I = 32 * (2 + 2) + 48 * 2 = 224$$

$$\text{Время передачи: } V = N_{V_{\text{лин}}} * V_{\text{лин}} + N_{V_{\text{КЭ}}} * V_{\text{КЭ}} = 5 * 0.1 + 4 * 1 = 4.5$$

$$\text{Производительность: } P = \frac{1}{4.5} = 0.22$$

$$\text{Эффективность: } E = \frac{\sqrt{1*0.22}}{224} = 0,000982$$

2) Топология «Омега»

$$\text{Число КЭ} = \frac{n*m}{2} = \frac{16*4}{2} = 32$$

$$\text{Число связей: } I = n * (m - 1) = 16 * (4 - 1) = 48$$

$$\text{Стоимость: } S = N_{\text{КЭ}} * S_{\text{КЭ}} + I * S_I = 32 * (2 + 2) + 48 * 2 = 224$$

$$\text{Время передачи: } V = N_{V_{\text{лин}}} * V_{\text{лин}} + N_{V_{\text{кэ}}} * V_{\text{кэ}} = 5 * 0.1 + 4 * 1 = 4.5$$

$$\text{Производительность: } P = \frac{1}{4.5} = 0.22$$

$$\text{Эффективность: } E = \frac{\sqrt{1} * 0.22}{224} = 0,000982$$

3) Топология «Дельта»

Число КЭ зависит от размера КЭ. В данном случае 4x4 => N_{кэ} = 8

$$\text{Число связей: } I = N_{\text{вых}} * \frac{N_{\text{кэ}}}{2} = 4 * \frac{8}{2} = 16$$

$$\text{Стоимость: } S = N_{\text{кэ}} * S_{\text{кэ}} + I * S_I = 8 * (4 + 4) + 16 * 2 = 96$$

$$\text{Время передачи: } V = N_{V_{\text{лин}}} * V_{\text{лин}} + N_{V_{\text{кэ}}} * V_{\text{кэ}} = 3 * 0,1 + 2 * 1 = 2,3$$

$$\text{Производительность: } P = \frac{1}{2,3} = 0.44$$

$$\text{Эффективность: } E = \frac{\sqrt{1} * 0.44}{96} = 0,004583$$

4) Топология «Бенеша»

$$\text{Число КЭ} = \frac{n}{2} (2m - 1) = \frac{16}{2} (2 * 4 - 1) = 56$$

$$\text{Число связей: } I = n * (2m - 2) = 16 * (2 * 4 - 2) = 96$$

$$\text{Стоимость: } S = N_{\text{кэ}} * S_{\text{кэ}} + I * S_I = 56 * (2 + 2) + 96 * 2 = 416$$

$$\text{Время передачи: } V = N_{V_{\text{лин}}} * V_{\text{лин}} + N_{V_{\text{кэ}}} * V_{\text{кэ}} = 8 * 0.1 + 7 * 1 = 7.8$$

$$\text{Производительность: } P = \frac{1}{7.8} = 0.13$$

$$\text{Эффективность: } E = \frac{\sqrt{8} * 0.13}{416} = 0,000884$$

5) Топология «Клоша»

Число КЭ = 12, т.к размерность сети 16x16 (первы слой 4 + второй слой 4 + третий слой 4)

$$\text{Число связей: } I = n * (m - 1) = 16 * (3 - 1) = 32$$

$$\text{Стоимость: } S = N_{\text{кэ}} * S_{\text{кэ}} + I * S_I = 12 * (4 + 4) + 32 * 2 = 160$$

$$\text{Время передачи: } V = N_{V_{\text{лин}}} * V_{\text{лин}} + N_{V_{\text{кэ}}} * V_{\text{кэ}} = 4 * 0.1 + 3 * 1 = 3.4$$

$$\text{Производительность: } P = \frac{1}{3.4} = 0,29$$

$$\text{Эффективность: } E = \frac{\sqrt{4} \cdot 0,29}{160} = 0,003625$$

б) Топология n-куб

$$\text{Число КЭ} = \frac{n \cdot m}{2} = \frac{16 \cdot 4}{2} = 32$$

$$\text{Число связей: } I = n \cdot (m - 1) = 16 \cdot (4 - 1) = 48$$

$$\text{Стоимость: } S = N_{\text{КЭ}} \cdot S_{\text{КЭ}} + I \cdot S_I = 32 \cdot (2 + 2) + 48 \cdot 2 = 224$$

$$\text{Время передачи: } V = N_{V_{\text{лин}}} \cdot V_{\text{лин}} + N_{V_{\text{КЭ}}} \cdot V_{\text{КЭ}} = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 1 = 4,5$$

$$\text{Производительность: } P = \frac{1}{4,5} = 0,22$$

$$\text{Эффективность: } E = \frac{\sqrt{1} \cdot 0,22}{224} = 0,000982$$

Таблица 1 – Сравнение топологий

Топология	Число КЭ	Размер КЭ	I	S	Время передачи	К	Р	Е*10 ⁶	Блокирующая
Баньян	32	2х2	48	224	4.5	1	0.22	982	Да
Омега	32	2х2	48	224	4.5	1	0.22	982	Да
Дельта	8	4х4	16	96	2.3	1	0.44	4583	Да
Бенеша	56	2х2	96	416	7.8	8	0.13	884	Нет
Клоша	12	4х4	32	160	3.4	4	0.29	3625	Нет
n-куб	32	2х2	48	224	4.5	1	0.22	982	Да

Таким образом, наиболее эффективной топологией оказалась топология Дельта. Данная топология имеет 1 путь от адреса источника до адреса получателя. КЭ в данной топологии сложны в построении и дороже, чем обычный БКЭ, но при 11 сравнительно малом их числе строится сеть размерностью, не уступающей остальным топологиям. Наиболее высокой скоростью передачи сообщения имеют ВС с топологией Дельта. Топология Баньян, Омега и n-кубической сети дешевы, просты в построении, но имеют только один путь.

Топология Клоша немного уступает по эффективности топологии Дельта, но она более надежна, т.к имеет 4 пути от адреса источника до адреса получателя.