

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Таныгин Максим Олегович
Должность: и.о. декана факультета фундаментальной и прикладной информатики
Дата подписания: 21.09.2023 13:08:50
Уникальный программный ключ:
65ab2aa0d384efe8480e6a4c688eddbc475e411a

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)**

Кафедра программной инженерии

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионов
« 15 » 10



**АСИНХРОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОБЪЕКТОВ В
МАТРИЧНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ**

**Методические указания для проведения лабораторных занятий и
выполнения самостоятельной внеаудиторной работы по
дисциплине «Теория вычислительных процессов» для студентов
направления подготовки 09.03.04 «Программная инженерия»**

УДК 681.3

Составитель: А.В. Малышев

Рецензент

Кандидат технических наук,
начальник отдела информатизации
ГУ КРО ФСС РФ *А.Ф. Рубанов*

Асинхронное взаимодействие объектов в матричной вычислительной среде : методические указания для проведения лабораторных занятий и выполнения самостоятельной внеаудиторной работы по дисциплине «Теория вычислительных процессов» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. А.В. Малышев. Курск, 2017. 14 с.: ил. 4. Библиогр.: с. 14

Содержат сведения, предназначенные для изучения студентами методов реконфигурации и маршрутизации, используемых в матричных вычислительных средах. Дан типичный пример такой среды, с подробным описанием варианта взаимодействия её элементов.

Предназначены для студентов направления подготовки 09.03.04.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16
Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж экз. Заказ. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1. Цель работы

Целью настоящей работы является изучение и исследование метода реконфигурации матрицы процессорных элементов, а также алгоритмов последующей маршрутизации сообщений в данной среде с отказами.

2. Модель среды с отказавшими элементами

Современные средства автоматизации управления обеспечивают распределённую и децентрализованную обработку информации на основе новых информационных технологий, имеют сетевую архитектуру различной конфигурации, выполняют интеллектуальные функции и самостоятельно справляются с множеством возникающих ситуаций. Мультипроцессоры, рассматриваемые в данной лабораторной работе, представляющие дискретную матричную сеть для реализации сложных алгоритмов параллельно-последовательной структуры, во многом удовлетворяют указанным требованиям и в связи с этим находят применение в управлении. Однако расширение сферы использования современных средств автоматизации приводит к постановке новых задач при разработке мультипроцессорных систем. Важнейшими требованиями, предъявляемыми к управляющим системам ответственного применения, являются отказоустойчивость и безостановочность (непрерывность) их функционирования в условиях отказов.

Обеспечение непрерывного управления дискретными технологическими процессами в реальном масштабе времени при достоверной обработке данных возможно при использовании высоконадёжного мультипроцессора. В то же время усложнение мультипроцессора, вызванное объективными причинами, приводит к снижению его надёжности, увеличению частоты отказов, а также возрастанию вероятности передачи ложных управляющих сигналов.

Обеспечение отказоустойчивости включает решение логически связанных между собой задач: самоорганизации мультипроцессора (репродуцирование логической структуры при отказах) и обеспечение его функциональной целостности – взаимодействие программных модулей в репродуцированной логической структуре.

Для обеспечения функциональной целостности мультипроцессора со сложной структурной организацией (в которых межмодульное взаимодействие осуществляется на основе транзитной передачи сообщений) требуется введение средств коммуникационного уровня, реализующих функции транспортного интерфейса для множества процессоров. Коммуникационная подсистема мультипроцессора включает две составляющие, предназначенные для реализации процедур маршрутизации и ретрансляции сообщений. Функции указанных средств сводятся к следующему. Целью первой из названных процедур является выбор траектории (маршрута) передачи сообщения в пределах среды мультипроцессора и непосредственное обеспечение перемещения по данному маршруту. Учитывая наличие множества вариантов доставки сообщений между одной и той же парой МК, средства маршрутизации должны обеспечивать выбор оптимального маршрута. Важным требованием к средствам маршрутизации является также обеспечение множества различных конфигураций маршрутов и возможность их динамического изменения в процессе функционирования мультипроцессора.

Процесс передачи сообщений между процессорными элементами (ПЭ) в общем случае представляется последовательностью фаз (трансляций), каждая из которых состоит в передаче сообщения между очередной парой промежуточных (транзитных) модулей, входящих в реализуемый маршрут. Каждая фаза включает собственно передачу сообщения по каналу связи, а также его обработку очередным транзитным ПЭ. Обработка сообщения транзитным ПЭ включает его приём с одного из входов, собственно обработку в соответствии с заданным алгоритмом обслуживания и выдачу на один из выходов в соответствии с реализуемым маршрутом (следующему соседнему ПЭ). Таким образом, процесс обработки сообщения можно рассматривать как его ретрансляцию (транзитную передачу) с одного из входов ПЭ на один из выходов. В случае возникновения отказов отдельных модулей системы передача сообщения между некоторыми из исправных ПЭ может стать невозможной, что в свою очередь может привести к фатальному отказу всего мультипроцессора.

В свою очередь самоорганизация мультипроцессора приводит к перемещению программных модулей в поле работоспособных элементов. Для обеспечения непрерывности функционирования

самоорганизующегося мультипроцессора разработаны и применяются алгоритмы отказоустойчивой маршрутизации, позволяющие находить искомый программный модуль независимо от места его расположения.

Для описания состояния алгоритмических и аппаратных ресурсов мультипроцессора будем использовать ряд определений.

Определение 1.1. Отказавшим называется ПЭ, который не может выполнять любой из закреплённых за ним алгоритмов управления.

Определение 1.2. Работоспособным называется ПЭ, который может выполнять любой из закреплённых за ним алгоритмов управления.

Определение 1.3. Резервным называется ПЭ, не передающий свои функции при отказе соседнему ПЭ.

Рассматриваемая в данной работе среда ПЭ представляет собой матрицу из $n \times m$ модулей, причём n -я строка и m -й столбец являются резервными. Модули, расположенные в 1-й и n -й строках, а также в 1-ом и m -ом столбцах матрицы, закоммутированы на самих себя. Каждый модуль (i, j) (где $i = \overline{1, n}$ – номер строки, $j = \overline{1, m}$ – номер столбца матрицы, содержащих модуль) может выполнять как собственный алгоритм функционирования, так и алгоритм функционирования трёх соседних модулей – верхнего $(i-1, j)$ -го, левого $(i, j-1)$ -го, и левого по диагонали $(i-1, j-1)$ -го, в случае их отказов или изменения алгоритмов функционирования. Местоположение модуля (i, j) в матрице определяются его физическим адресом (ФА). Наряду с ФА для идентификации модулей системы используется так называемый логический адрес (ЛА). Модуль (i, j) имеет ЛА (i', j') , если он реализует алгоритм модуля с ФА (i', j') .

При отсутствии отказов резервные модули не задействованы (они не имеют собственных алгоритмов функционирования), а ФА и ЛА всех модулей совпадают. При возникновении отказов отдельных модулей отказавшие модули перекоммутируются так, как показано на рис. 1, а распределенная система перестраивается. Перестройка системы осуществляется путем изменения алгоритмов функционирования модулей по следующим правилам:

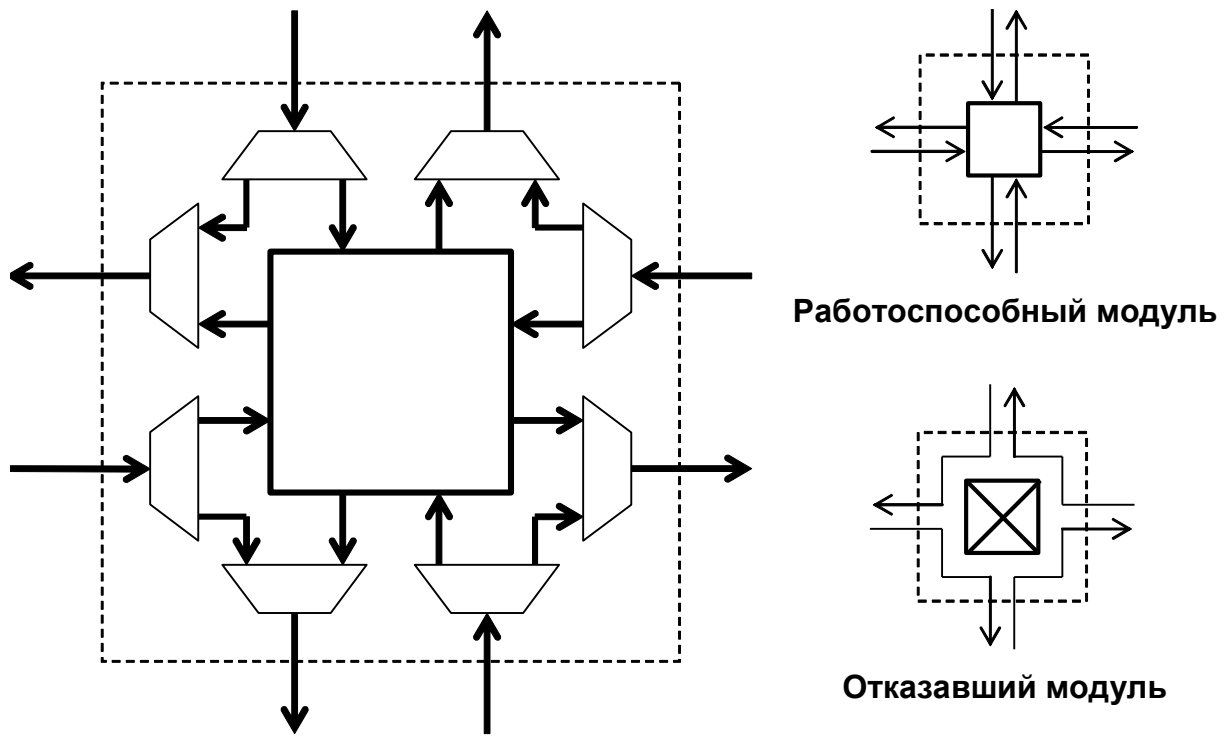


Рис. 1. Перекоммутация отказавшего модуля

- в каждом столбце самому нижнему отказавшему модулю присваивается статус «вертикальный отказ», а всем остальным отказавшим модулям – «горизонтальный отказ»;
- если в любой строке имеется более одного модуля со статусом «горизонтальный отказ», то фиксируется фатальный отказ (ФО) распределенной системы – перестройка невозможна;
- в каждом столбце всем модулям ниже модуля со статусом «вертикальный отказ» (в том числе и резервным) присваивается статус «вертикальная перестройка»;
- в каждой строке всем модулям правее модуля со статусом «горизонтальный отказ» (в том числе и резервным) присваивается статус «горизонтальная перестройка»;
- ЛА модулей со статусом «горизонтальная перестройка» приобретают значение ФА модулей, стоящих от них слева;
- ЛА модулей со статусом «вертикальная перестройка», приобретают значение ФА модулей, стоящих от них сверху;
- ЛА всех отказавших модулей полагается нулевым.

Показанные выше шаги последовательного выполнения перестройки на самом деле выполняются параллельно так, как показано в примере на рис. 2. После перестройки, если модуль (i,j) не отказал, то он может выполнять собственный алгоритм, либо

алгоритм одного из трех соседей. Если алгоритм модуля (i,j) не выполняется им самим, то он выполняется одним из его трех соседей: правым $(i,j+1)$ -м, правым по диагонали $(i+1,j+1)$ -м или нижним $(i+1,j)$ -м. При возникновении новых отказов перестройка системы осуществляется заново, и так до тех пор, пока не произойдет фатальный отказ.

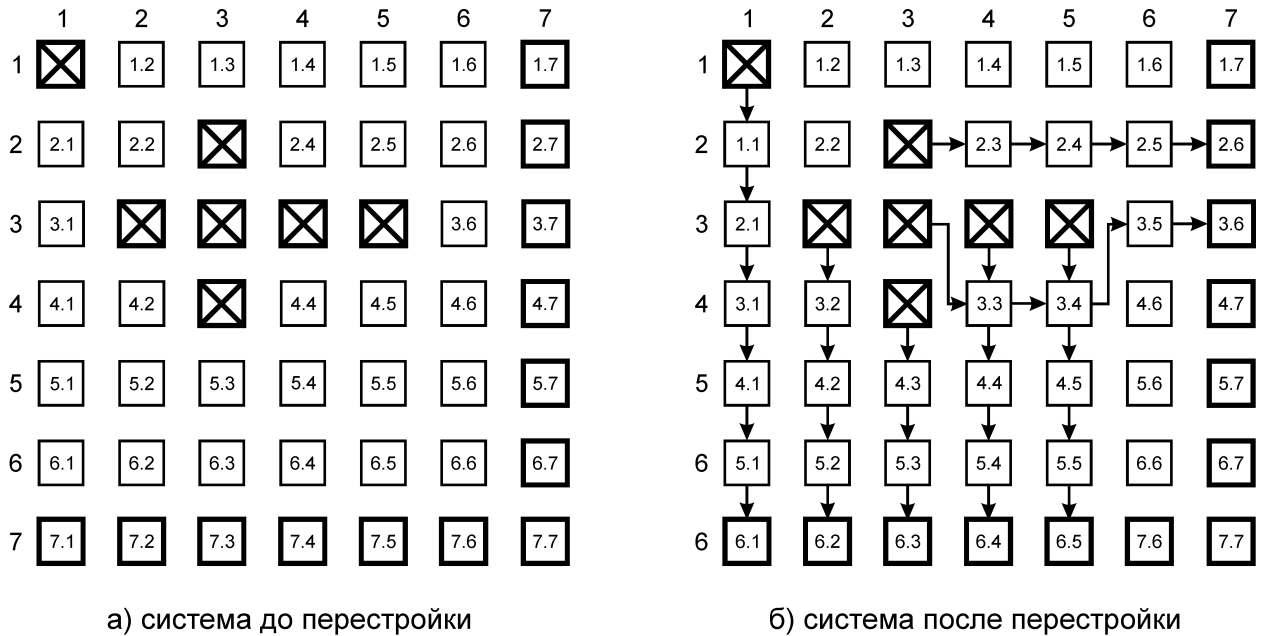


Рис. 2. Пример выполнения перестройки системы после отказа модулей

3. Алгоритм передачи сообщения в реконфигурированной среде с отказами

Взаимодействие модулей рассматриваемой системы осуществляется путем обмена сообщениями. Сообщения между модулями передаются по четырем направлениям и содержат адрес программы, которую должен выполнить модуль-приемник, ФА модуля-приемника и направление выдачи сообщения.

При отсутствии в системе отказов сообщение последовательно передается от модуля-источника в модуль с ФА, равным адресу в сообщении (АС). Этот модуль будет являться модулем-приемником. В ходе передачи каждый транзитный модуль сравнивает свой ЛА с АС. Если они равны, то данный модуль является модулем-приемником и сообщение передано.

При наличии в системе отказавших модулей сообщение должно быть передано в модуль с ЛА, равным АС (табл. 3.1). Для сообщения с $АС = (i,j)$ таким модулем может являться модуль (i,j)

или $(i,j+1)$, или $(i+1,j+1)$, или $(i+1,j)$. При передаче сообщения через отказавший модуль происходит изменение направления его выдачи, которое фиксируется следующим работоспособным модулем как несоответствие направления приема сообщения и направления выдачи в формате сообщения, и позволяет скорректировать дальнейшую его выдачу (табл. 3.2) с учетом расположения отказавших модулей и избежать заикливания (рис. 3).

Таблица 3.1.

Передача сообщения в случае корректности приёма или совпадения направления приёма и значения поля направления

Соотношение составляющих АС и ФА		Направление передачи сообщения
вертикальные	горизонтальные	
АС=ФА	АС=ФА	вправо
АС=ФА	АС=ФА-1	вниз
АС=ФА-1	АС=ФА-1	влево
АС=ФА-1	АС=ФА	вверх
АС>ФА	АС \geq ФА	вправо
	АС<ФА	вверх
АС<ФА	АС \leq ФА	влево
	АС>ФА	вниз
АС=ФА	АС>ФА	вниз
	АС<ФА	вверх

Определение корректности приёма сообщения

Поле направления	Направление приёма	Соотношение составляющих АС и ФА	
		верт.	гор.
вправо	сверху	–	$АС \geq ФА$
влево	снизу	–	$АС \leq ФА$
вверх	слева	$АС \geq ФА$	–
вниз	справа	$АС \leq ФА$	–

При приёме сообщения (i,j) -м, $(i,j+1)$ -м, $(i+1,j+1)$ -м или $(i+1,j)$ -м модулем осуществляется второй этап передачи сообщения, на котором сообщение циклически передается из (i,j) -го модуля в $(i,j+1)$ -й, из $(i,j+1)$ -го в $(i+1,j+1)$ -й, из $(i+1,j+1)$ -го в $(i+1,j)$ -й и из $(i+1,j)$ -го в (i,j) -й до тех пор пока ЛА одного из этих модулей не совпадет с АС.

Обобщая закономерности самоорганизации и функционирования коммутаторов в условиях отказов, введём следующее понятие, задающее область решётки с гарантированным расположением приёмника сообщения.

Определение 3.1. Допустимой областью размещения программного модуля (i,j) являются позиции ПЭ (i,j) , $(i,j+1)$, $(i+1,j)$, $(i+1,j+1)$.

Рис. 4 иллюстрирует допустимую область размещения (ДОР) для метода самоорганизации решётки с резервными строкой и столбцом. Рассмотренная выше функциональная организация коммутаторов позволяет организовать кольцевой обход элементов ДОР при достижении сообщением любого из узлов области. Следовательно можно сделать следующее утверждение:

Утверждение 3.1. Если сообщение достигло ДОР работоспособного приёмника, то абонент сообщения будет найден независимо от расположения отказов в ДОР.

Утверждение выполняется независимо от отказовой ситуации в ДОР. Поскольку при попадании в ДОР среда маршрутизации функционирует в режиме кольцевого обхода, то узел-приёмник в безотказной ДОР достигается независимо от координат узла ДОР, захватывающего сообщение.

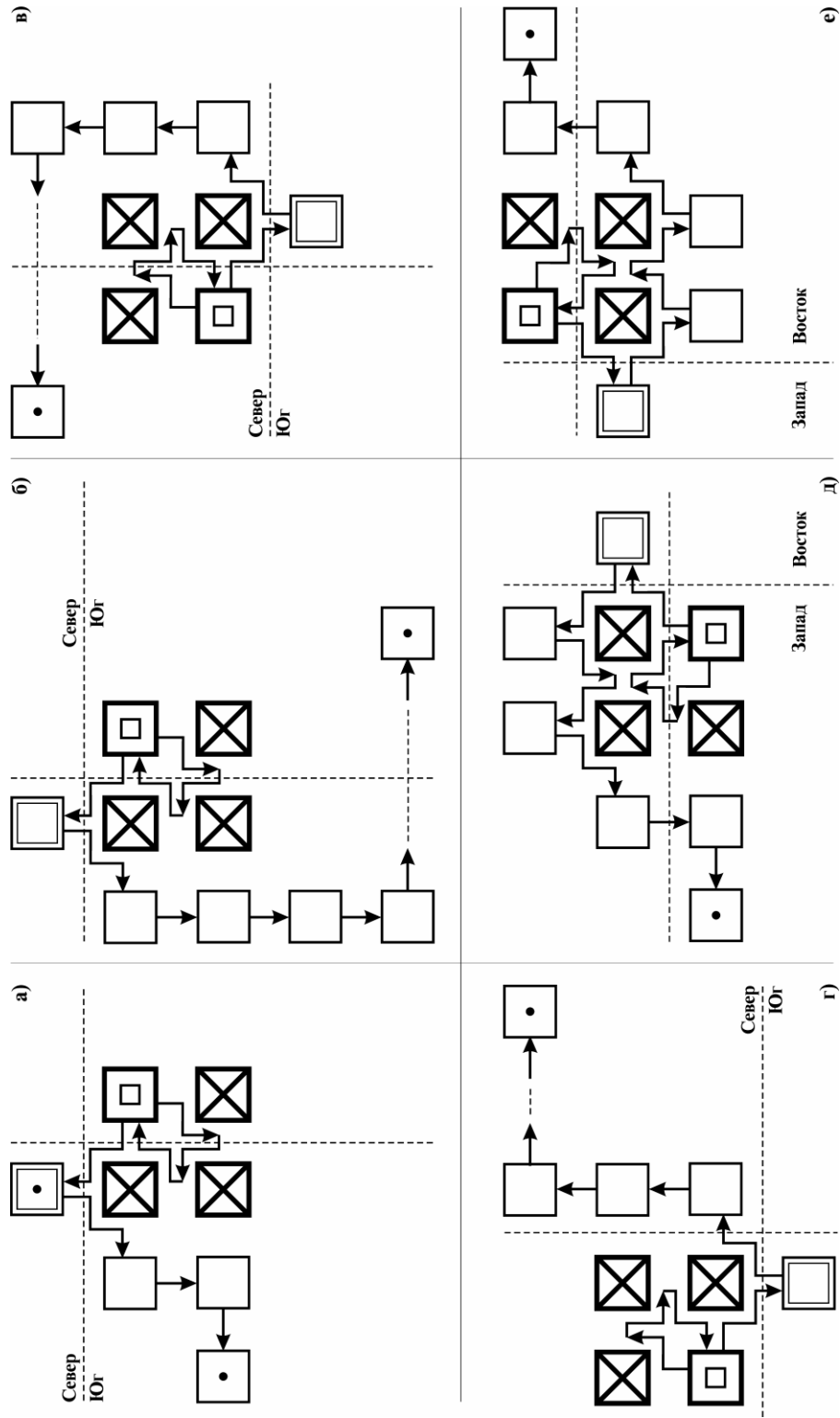


Рис. 3. Варианты достижения допустимой области размещения при зацикливании

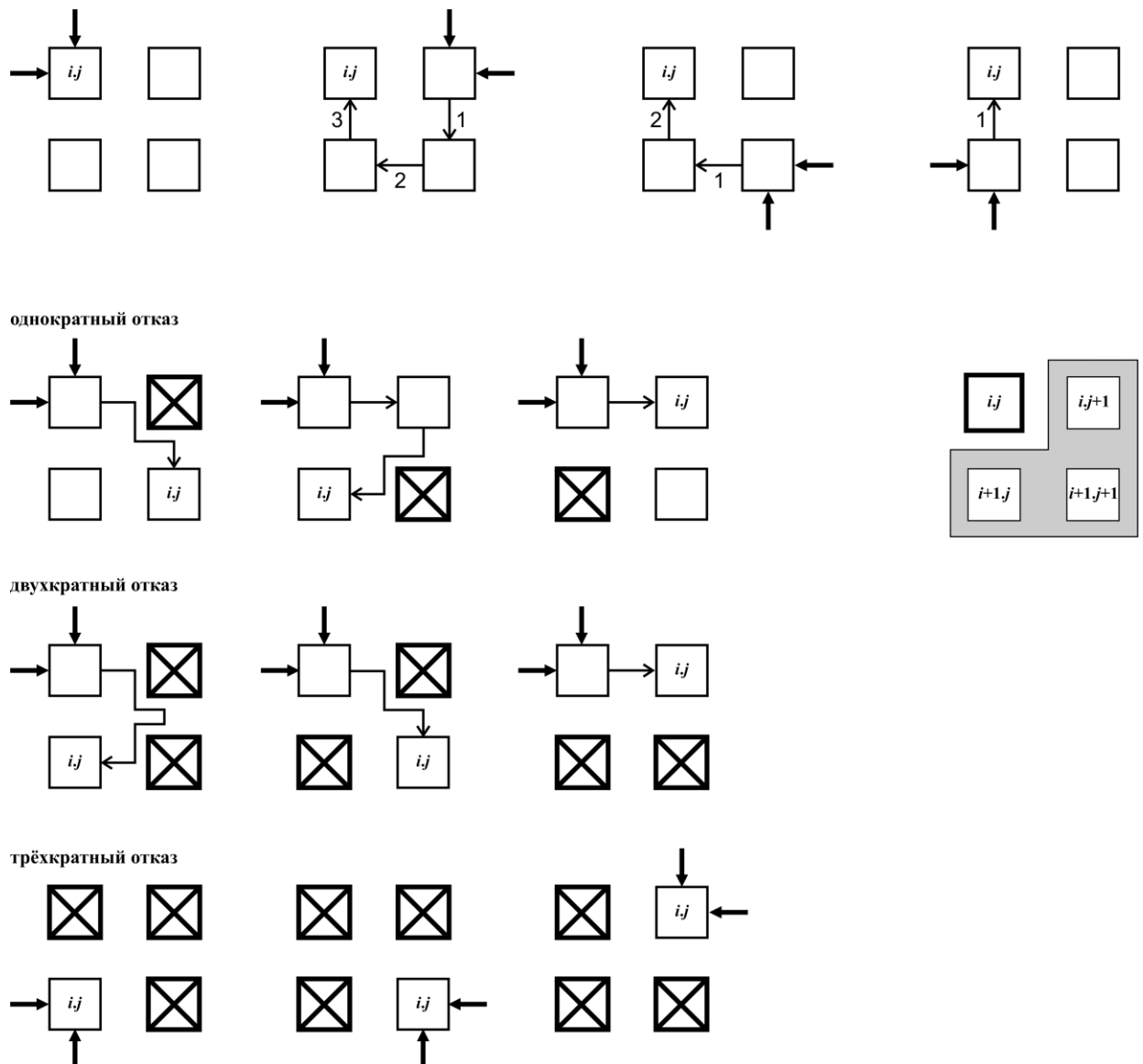


Рис. 4. Достижение ДОР и передача в ней для решётки с резервными строкой и столбцом

4. Порядок выполнения работы

4.1. По заданным 4-м вариантам отказовой ситуации осуществить перестройку среды процессорных элементов и записать результаты в виде 4-х матриц как на рис. 2б.

4.2. В соответствии с алгоритмом маршрутизации сообщений построить таблицы пошаговой передачи относительно конечной вершины, которая для варианта, приведенного на рис. 2 (источник – 2.2, приёмник – 4.4) будет иметь вид как на табл. 4.1.

4.3. На любом языке программирования написать индивидуальную программу, реализующую вышеуказанные алгоритмы маршрутизации и перестройки. Программа должна

иметь возможность изменения размерности матрицы ПЭ, задания любого местоположения отказавших элементов, а также приёмника и источника сообщений, пошагового выполнения алгоритма маршрутизации, отслеживания ситуации фатального отказа.

5. Содержание отчёта

5.1. Цель работы.

5.2. Исходное задание.

5.3. Результат перестройки среды процессорных элементов.

5.4. Таблицы маршрутизации для 4-х вариантов расположения источника и приёмника.

5.5. Экранные копии результатов машинного моделирования маршрутизации для 4-х вариантов расположения источника и приёмника.

5.6. Значение длины пути при прямой передаче и при реальной.

5.7. Исполняемые модули и листинги программы моделирования.

6. Контрольные вопросы

6.1. Какие основные требования предъявляются к современным управляющим системам ответственного применения? Как эти требования удовлетворяются?

6.2. Какие элементы мультипроцессора называются работоспособными, отказавшими и резервными? Как осуществляется перекоммутация отказавшего элемента в рассматриваемой среде процессорных элементов?

6.3. Опишите алгоритм перестройки среды процессорных элементов в случае возникновения отказов? Приведите пример возникновения фатального отказа всей системы.

6.4. Какие поля данных содержит передаваемое сообщение? Опишите их роль в формировании пути маршрутизации.

6.5. Представьте графически любые 3 ситуации корректного приёма сообщения при отличных друг от друга поля направления и направления передачи.

Табл. 4.1. Пошаговая передача сообщения

Шаг	Нач. верш.	Отказ. вершины	Напр. приёма	Поле напр.	Соотн. вертикал. сост.	Соотн. горизонт. сост.	Корр.	Кон. верш.
1	2.2	2.0, 3.0, 0.2	снизу	вправо	–	–	–	2.2
2	2.2	0.2	справа	вниз	–	–	–	2.1
3	2.1	0.2	сверху	вправо	$AC > \Phi A$	$AC > \Phi A$	+	3.2
4	3.2	0.3	сверху	вправо	$AC > \Phi A$	$AC = \Phi A$	+	4.3
5	4.3	–	слева	вправо	$AC = \Phi A$	$AC = \Phi A$	+	4.4

6.6. Какие элементы рассматриваемой среды являются допустимой областью размещения для модуля (i,j) ? Как осуществляется поиск приёмника в ДОР при наличии отказов в ней?

6.7. Как изменяется реальная длина передачи сообщения с ростом и уменьшением числа отказавших элементов?

Библиографический список

1. Пятибратов, Александр Петрович. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации [Электронный ресурс] : учебник / А.П. Пятибратов, Л. Гудыно, А. Кириченко - М.: Финансы и статистика, 2013. - 736 с.

2. Дмитриев, Н.А. Теория автоматов [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Н.А. Дмитриев, А.А. Дюмин, М.Н. Ёхин. - М.: МИФИ, 2012. - 192 с.