

УДК 004.042+004.274

doi:10.15217/issn1684-8853.2015.1.13

МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПУЛОВ В ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В. В. Грызунов^а, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

^аВоенно-космическая академия им. А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург, РФ

Постановка проблемы: в процессе эксплуатации информационно-вычислительных систем военного назначения возможно как резкое увеличение объема решаемых задач, так и деградация систем по причинам естественных отказов и (или) целенаправленного воздействия противника. Такие ситуации характеризуются дефицитом ресурсов информационно-вычислительных систем и в общем случае нестохастической средой функционирования. Целью исследования является решение проблемы распределения ресурсов под задачи в нестохастической среде методами теории адаптивного управления. **Методы:** формализация информационно-технических воздействий противника для описания возможностей противника по изменению структуры информационно-вычислительной системы, что позволяет создавать модель системы непосредственно в ходе управления; формирование пула (агрегирование ресурсов) в процессе решения модифицированной задачи об упаковке контейнеров. Оперативность решения достигается многошаговым сужением множества альтернатив и применением принципа постепенного распространения задач по системе. **Результаты:** предложен метод, адаптирующий текущую структуру распределенной гетерогенной информационно-вычислительной системы, содержащей стационарные и мобильные элементы, таким образом, чтобы собрать пулы, достаточные для решения поставленных задач. Пул собирается из вычислительных устройств, каналов связи, устройств ввода-вывода, накопителей. Изначально пул включает в себя точку входа задачи, т. е. элемент, на котором начинается выполнение задачи. Затем пул расширяется элементами, ему смежными. Процедура расширения пула повторяется до тех пор, пока не будут исчерпаны все ресурсы системы или не будет сформирован пул с требуемыми характеристиками. Сформированный пул не является оптимальным, однако время его формирования близко к реальному. Доказаны сходимость и завершаемость предлагаемого метода; приведен пример и показаны условия применения метода. **Практическая значимость:** результаты исследования могут быть использованы при создании единого информационного пространства различных министерств и служб, в автоматизированных системах военного назначения.

Ключевые слова — формирование пулов, адаптация структуры информационно-вычислительной системы, дефицит ресурсов.

Введение

Информационно-вычислительные системы (ИВС) военного назначения обеспечивают решение большого количества разноплановых задач: от обработки изображений заданных районов и селекции целей до предоставления услуг оперативной и высококачественной связи. Объем и требуемые сроки решения задач зависят от сложившейся обстановки и могут изменяться скачкообразно. Другая особенность ИВС обусловлена тем, что они являются приоритетным объектом информационно-технических воздействий (ИТВ), а значит, могут разрушаться в процессе решения поставленных задач. Таким образом, в ходе эксплуатации ИВС неизбежно возникают следующие проблемы, связанные с дефицитом ресурса:

- структура ИВС сохранена, но интенсивности потоков задач существенно возрастают;
- часть ИВС разрушена, а интенсивности потоков решаемых задач изменяются слабо;
- часть ИВС разрушена и интенсивности потоков задач существенно возрастают.

Интенсивности потоков решаемых задач возрастают, например, при переводе войск в высшие

степени боевой готовности. При определенных ограничениях такие потоки могут быть описаны как стохастические процессы.

Причинами разрушения ИВС выступают естественные сбои и (или) отказы элементов ИВС, которые описываются стохастическими процессами, а также ИТВ, которые в общем случае описать в виде стохастических процессов невозможно [1].

Поскольку ИВС как система, работающая со стохастическими потоками отказов и восстановления, а также со стохастическими потоками задач и обслуживания, достаточно хорошо изучена, заострим внимание лишь на работе ИВС в условиях ИТВ.

Модель информационно-технических воздействий

Под ИТВ будем понимать целенаправленные разрушающие воздействия на процесс генерации, обработки, хранения и передачи данных в ИВС. Приведенное определение охватывает довольно широкий класс воздействий — от сугубо компьютерных (внедрение вирусов, атаки DoS, IP Spoofing и т. д.) до физических воздействий

на элементы инфраструктуры ИВС (уничтожение канала связи, подрыв серверов, воздействие электромагнитными импульсами и т. д.). Возможности ИТВ по воздействию на ИВС будут выглядеть следующим образом:

Ψ_S — множество операций разрушения структурного элемента;

Ψ_F — множество операций разрушения функционального элемента.

В результате ИТВ может быть разрушен какой-то узел ИВС, канал связи, изменено количество связей, которое может образовать узел.

Разрушение одного структурного элемента обязательно влечет за собой изменение возможностей ИВС по реализации одной или более функций (обнаружить объект, предоставить или зарезервировать канал связи и т. д.): $\Psi_S = 1 \rightarrow \Psi_F \geq 1$.

Таким образом, интересующая нас модель ИТВ описывает возможности противника по воздействию на ИВС в следующем виде: $\Psi = \{\Psi_S, \Psi_F\}$.

Из модели следует, что ИТВ приводит к изменению свойств ИВС и дефициту ресурсов. Формализовав модель ИТВ подобным образом, рассмотрим ИВС как распределенные системы, содержащие как стационарные, так и мобильные элементы.

Объектами ИТВ в ИВС выступают следующие ресурсы: вычислители (бортовые и наземные вычислительные комплексы), каналы связи (спутниковые, проводные, оптические и т. д.), накопители данных (накопители на борту космических аппаратов и в вычислительных центрах), устройства ввода-вывода данных (стандартные: клавиатура, монитор, принтер; расширенные: оптико-электронные, радиоэлектронные системы и т. д.).

Формализация задачи адаптивного управления информационно-вычислительной системой

Выделим отличительные особенности ИВС:

— интенсивности потоков поступления и обработки задач слабо прогнозируемы, что влечет за собой неопределенность в использовании ресурсов ИВС;

— структура ИВС является недетерминированной и динамично изменяемой. Основными причинами изменения структуры выступают:

- перемещение мобильных элементов ИВС: космических аппаратов на околоземных орбитах, самолетов на маршрутах патрулирования и т. д. (могут описываться закономерностями детерминированных или стохастических процессов); мобильных комплексов управления, маневрирующих летательных аппаратов и т. п. (являются нестохастическими процессами [1]);

- отказы и сбои элементов ИВС по естественным причинам (стохастические процессы) и (или)

в случаях информационно-технических воздействий противника (нестохастические процессы [1]).

Наиболее полно модели и методы, описывающие работу ИВС с изменяемой (программируемой) структурой, приведены в работе [2]. Однако сфера применения изложенных в этой работе методов и моделей ограничена стохастической средой, что лишь частично отражает особенности ИВС.

Названные особенности могут быть учтены при адаптивном изменении структуры ИВС. Пример такого изменения — динамическое объединение ресурсов в соответствующие пулы. Пул — временное объединение ресурсов, предназначенное для решения какой-то задачи (группы задач). Пул существует в период решения задачи, после решения задачи пулы могут быть расформированы. Отметим, что с точки зрения динамического формирования пулов проблемы, названные в начале статьи и связанные с дефицитом ресурса, идентичны. Примером статичного пула из вычислителей служит кластер, пула из каналов связи — транк. Пул формируется на уровне логической структуры (УЛС) ИВС. Требования к пулу задаются на уровне программного обеспечения (УПО). Детально модель ИВС как иерархической системы с обратными связями между уровнями представлена в работе [3].

Типовые методы формирования пулов реализованы в следующих технологиях:

— кластерах на базе *Windows Server 2012*. Кластер задается статически, что не соответствует особенностям ИВС;

— *Dynamic Trunking Protocol (DTP)*, разработанном компанией Cisco для формирования транков (пулов из каналов связи). Транки могут создаваться в реальном масштабе времени. Полную информацию о работе протокола найти не удалось, возможности протокола по формированию пулов из вычислителей, накопителей и устройств ввода-вывода неизвестны;

— пуле ресурсов *Sun Solaris 11.x*, наиболее подходящем для решения задач ИВС, так как он создается динамически. Однако каждый ресурс привязывается к конкретному приложению заранее, т. е. фактически в Sun Solaris производится выбор подходящей конфигурации пула, но сами конфигурации задаются администратором заранее.

Предложим метод формирования пулов, свободный от указанных выше недостатков. Допустим, что нам известны состояния и возможности всех элементов ИВС. Будем утверждать, что семантическое наполнение решаемых в ИВС задач при формировании пула несущественно, что для ИВС важны такие характеристики, как представление данных задачи (плавающая/фиксированная

точка, количество разрядов и т. п.), объем и скорость ввода/вывода данных, процент допустимых потерь, требуемое время реакции ИВС и т. п. Фактически, основное назначение ИВС — удовлетворить требования выполняемой задачи по производительности. Следовательно, любая задача может быть представлена в ИВС в виде набора требуемых для ее решения производительностей, и главное назначение пула — создать требуемую производительность. Рассмотрим производительность как количество задач, решенное в единицу времени. Любая ИВС имеет в своем составе вычислители, каналы связи, устройства ввода-вывода и память. Основное назначение вычислителей — проводить вычисления (выполнять команды/операции), назначение каналов связи — передавать данные, устройств ввода-вывода — вводить/выводить данные, накопителей — запоминать данные. Производительностью вычислителей, зачастую, называют количество выполняемых операций в секунду, производительностью каналов — пропускную способность. Текущей производительностью Ω будем считать производительность, доступную для решения задачи, т. е. производительность, которая может быть выделена задаче. Требуемой производительностью $\Omega^{\text{треб}}$ назовем производительность, которую необходимо предоставить задаче, чтобы она была решена с требуемой точностью за заданное время.

Формирование пула является комбинаторной задачей, которая может быть сведена к модифицированной задаче об упаковке контейнеров, где:

$N^{\text{треб}}$ — требуемое количество пулов (количество контейнеров);

N — текущее (доступное) количество пулов;

$\Omega_i^{\text{треб}}$ — требуемая производительность i -го пула (размер контейнера);

Ω_i — текущая производительность i -го пула;

$\omega_j \in \cup_{i=1}^N \Omega_i, j=1, \text{card}(V)$ — текущая производительность j -го элемента (размер упаковываемого объекта);

V — множество элементов ИВС (множество упаковываемых объектов).

Требуется найти функцию со свойствами

$$f^{\text{OEÑ}} : \left(\Delta \Omega_j = \Omega_j^{\text{доб}} - \Omega_j \rightarrow 0, \Delta N = N^{\text{доб}} - N \rightarrow 0 \right), \\ i = \overline{1, N}$$

при ограничениях $\Omega_j \geq \Omega_j^{\text{доб}}, N = N^{\text{доб}}$.

Найденная функция позволит компенсировать дефицит производительности путем реконфигурации ИВС.

Решение задачи

Количество возможных комбинаций элементов в пуле нелинейно увеличивается с удалением от точки входа задачи (элемента ИВС, на котором

начинается выполнение задачи). Вместе с тем ИВС должна формировать пулы в реальном или близком к реальному масштабу времени, поэтому существует необходимость снижения количества возможных комбинаций, которые должна проанализировать система управления пулами $f^{\text{УЛС}}$. Снижение количества возможных комбинаций может быть реализовано посредством применения принципа постепенного распространения задач по ИВС, предполагающего формирование пула из элементов ИВС, которые:

1) подходят для этого (обладают минимально допустимой производительностью);

2) находятся на минимальном расстоянии от точки входа задачи. В качестве расстояния могут выступать различные величины: *hop*; число связей, образованных элементом; число путей, проходящих через элемент, и т. п.

Принцип постепенного распространения задач по ИВС лежит в основе метода динамического формирования пулов.

Введем следующие обозначения:

$\omega_i^{\text{min}} > 0$ — минимальная допустимая производительность элемента в i -м пуле;

r_{ω_j} — радиус j -го элемента в i -м пуле:

$$r_{\omega_j} = \frac{\omega_i^{\text{min}}}{\omega_j}$$

$V_r \subset V$ — множество элементов, из которых формируются пулы;

V — множество элементов ИВС;

V_r — упорядоченное множество элементов-кандидатов, которые могут участвовать в формировании пулов;

V_{Ω_j} — множество элементов, запланированных в i -й пул;

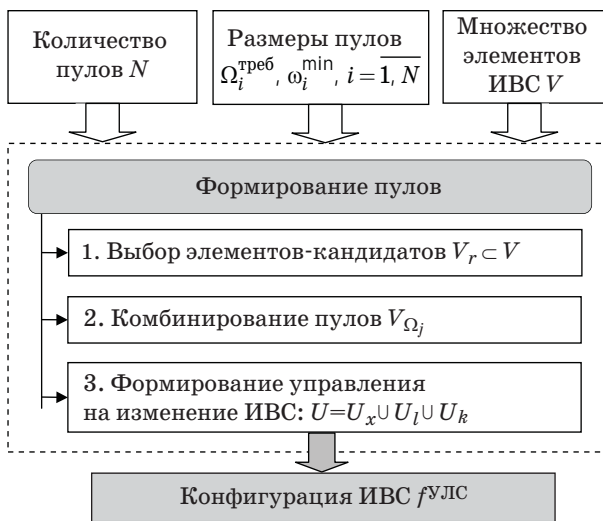
x_j — количество физических связей j -го элемента;

U_x — множество команд на образование физических связей. Физическая связь — связь на физическом уровне или MAC-подуровне канального уровня модели OSI;

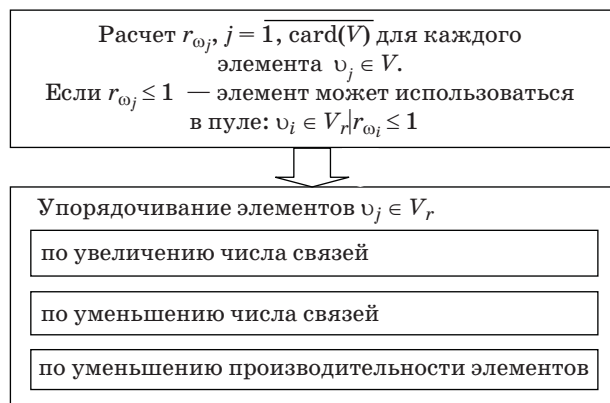
U_l — множество команд на образование логических связей. Логическая связь — связь, образованная на LLC-подуровне канального уровня, сетевом или транспортном уровнях модели OSI;

U_k — множество команд на физическое перемещение элементов.

Входными данными для предлагаемого метода динамического формирования пула являются: количество пулов N ; размеры пулов $\Omega_j^{\text{доб}}, j=1, N$; минимально возможная производительность элемента в i -м пуле $\omega_i^{\text{min}} > 0$, текущая производительность j -го элемента $\omega_j > 0$. Схема метода приведена на рис. 1. На первом шаге производится сужение множества возможных комбинаций путем выбора и упорядочивания элементов-кандидатов, подходящих для формирования пула.



■ Рис. 1. Схема метода динамического формирования пулов



■ Рис. 2. Шаг 1 метода формирования пулов

Шаг 1. Выбор элементов-кандидатов (рис. 2).

Выбор подходящих элементов производится на основании значения радиуса элемента r_{ω_j} . Если $r_{\omega_j} \leq 1$, значит элемент обладает необходимой минимальной производительностью и может использоваться в пуле. Элементы, для которых $r_{\omega_j} \leq 1$, составляют множество V_r . После отбора элементов производится их упорядочивание. Правило упорядочивания может быть различным, например, по уменьшению текущей производительности элемента ω_j .

По итогам работы первого шага метода получаем упорядоченное множество элементов-кандидатов V_r , которые могут участвовать в формировании пула. Это множество служит исходными данными для второго шага метода.

Шаг 2. Комбинирование пула (рис. 3).

На втором шаге производится дополнительное сужение множества возможных комбинаций, отбираются элементы ИВС, смежные с точкой

входа решаемой задачи (расстояние до точки входа 1).

Точка входа v^* — элемент, на котором начинается выполнение задачи. В общем случае точка входа может быть неизвестна.

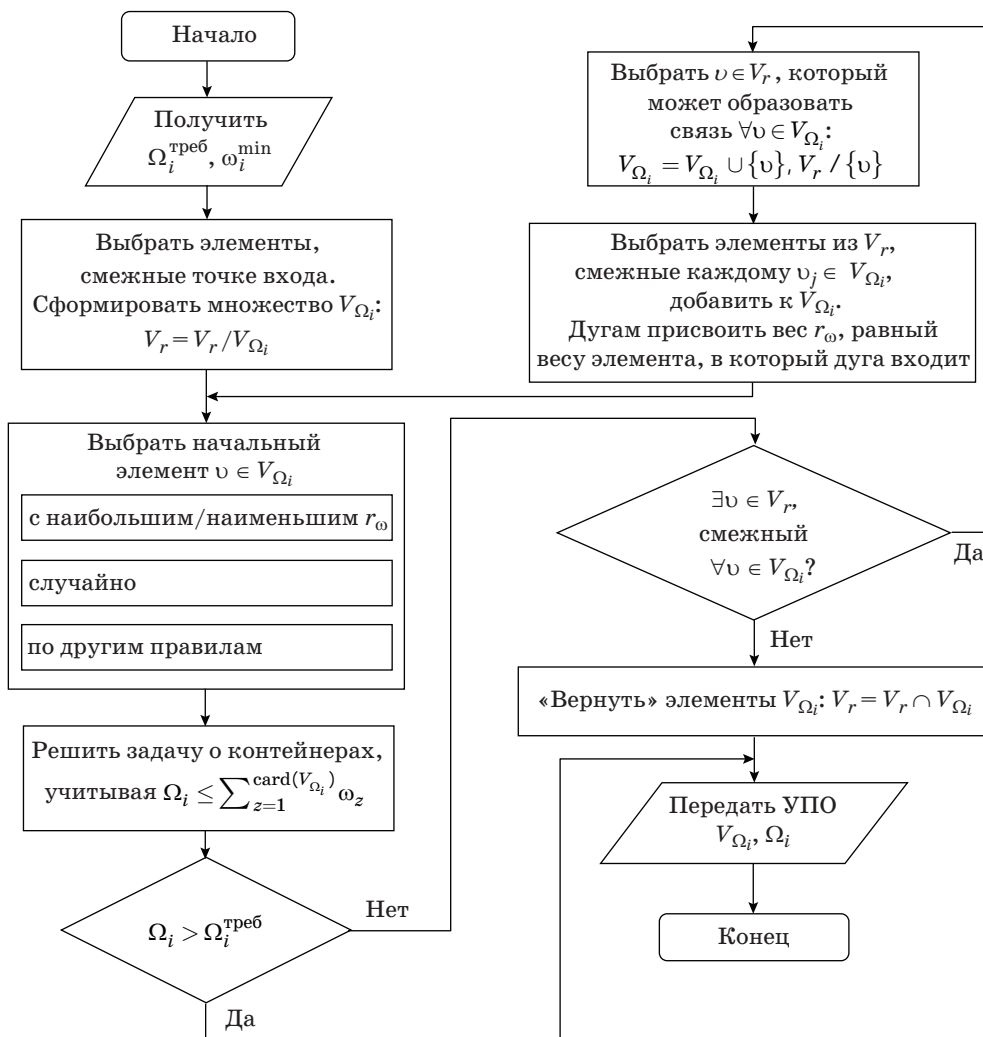
После отбора смежных элементов решается модифицированная задача по упаковке контейнеров. Если пул с требуемой производительностью не может быть скомбинирован на элементах, смежных с точкой входа решаемой задачи, то производится попытка скомбинировать пул с использованием элементов ИВС, смежных с теми, которые уже входят в комбинацию (расстояние до точки входа 2). Далее производится проверка на соответствие скомбинированного пула предъявляемым требованиям. Если скомбинирован пул с требуемой производительностью, то переходим к шагу 3, иначе повторяются действия по комбинированию пула с использованием элементов, уже входящих в пул (расстояние до точки входа 3). И так далее, до тех пор, пока не будет скомбинирован пул с требуемой производительностью или не будут исчерпаны все элементы, имеющие физическую связь. Если пул так и не был скомбинирован, то производится попытка образовать комбинации с использованием элементов, между которыми может быть установлена физическая связь, например, с мобильными перемещаемыми устройствами (беспилотными летательными аппаратами, подвижными центрами обработки данных и т. п.). Затем выполняются операции по комбинированию пула согласно правилам шага 2. Результаты комбинирования пула передаются системе управления задачами, запросившей ресурс, т. е. на УПО, где принимается решение о целесообразности использования скомбинированного пула. Если пул целесообразно использовать, выдаются команды на его формирование, т. е. на физическое перемещение/коммутацию элементов ИВС (шаг 3), образование физических и (или) логических связей.

Шаг 3. Формирование управления на изменение (рис. 4).

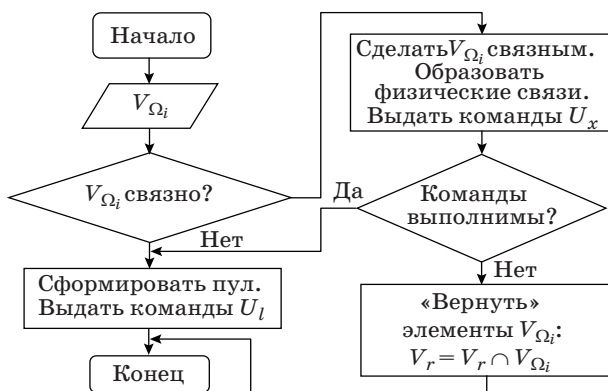
На данном шаге выполняется проверка на физическую связность комбинаций, созданных на шаге 2. Если между всеми элементами ИВС, входящими в комбинацию, существует физическая связь, то реализуется формирование пула, т. е. образуются требуемые логические связи. Иначе по специальному алгоритму формируются новые связные сегменты.

В случае нескольких возможных вариантов формирования пула могут предъявляться дополнительные требования к структуре, например, по максимизации живучести [4].

После формирования i -го пула шаги 1–3 метода повторяются для $i + 1$ пула.



■ Рис. 3. Шаг 2 метода формирования пулов



■ Рис. 4. Шаг 3 метода формирования пулов

Предлагаемый метод целесообразно применять в случае, если производительность существующего пула Ω_i меньше требуемой $\Omega_i^{обд\ddot{a}a}$:

$$\Omega_j < \Omega_j^{обд\ddot{a}a}, \Omega_j^{обд\ddot{a}a} = \text{const.}$$

Если в ходе выполнения метода был изменен поток задач, вызвавший изменение требований к пулам ($\Omega_j^{обд\ddot{a}a}, \omega_j^{мин}, j = \overline{1, M}$), либо произошли ИТВ, изменившие состав ИВС (V), то на уровне программного обеспечения может быть принято решение выполнить метод сначала.

Очевидно, метод целесообразно использовать для распараллеливаемых задач. Задача, которая не может быть распараллелена, представляется в виде единственного пула с минимальной допустимой производительностью Ω .

Предлагаемый метод оптимизирует функцию $\Omega_i \leq \sum_{z=1}^{card(V_{\Omega_i})} \omega_z$. Элементы ИВС, на базе которых формируются пулы, обладают $\omega_z > 0$, следовательно, на каждом шаге метода (при каждом добавлении элемента, обладающего производительностью ω_z) происходит положительное приращение (монотонное возрастание) Ω_i . Следовательно, метод сходится, а Ω_i стремится к Ω_{max} .

Метод выполняется, пока $\Omega_j < \Omega_j^{обд\ddot{a}a}$ либо пока $V_r \neq \emptyset$. На каждом шаге увеличивается Ω_i

и уменьшается $V_r = V_r/\{v\}$. Так как V_r и $\{v\}$ ограничены и замкнуты, следовательно, $\text{card}(V_r) < \infty$, а значит, метод завершаем.

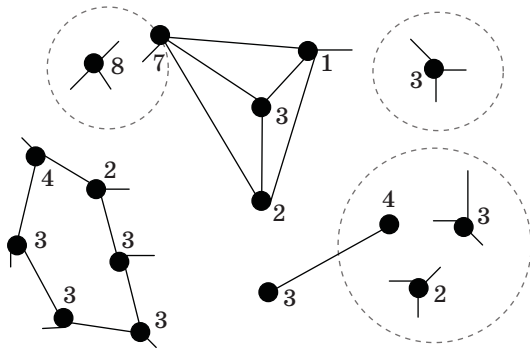
Работоспособность предложенного в статье метода проверена путем построения имитационной модели в среде MatLab 7.0 [5].

Пример применения метода динамического формирования пулов

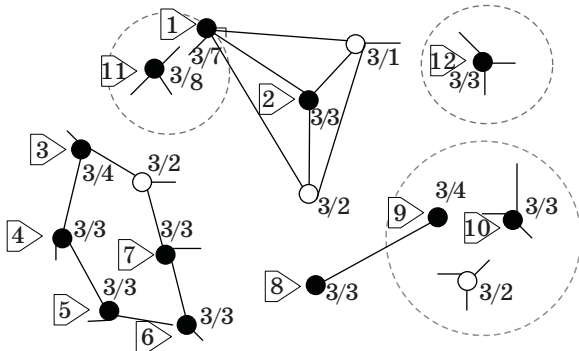
Приведем пример применения предложенного метода для формирования пулов $\Omega = \{\langle \Omega_i, \omega_i^{\min} \rangle\} = \{\langle 16, 3 \rangle, \langle 18, 3 \rangle, \langle 3, 3 \rangle, \langle 4, 3 \rangle\}$ в произвольной ИВС, обладающей структурой, представленной на рис. 5. Цифрами на рисунке отмечены производительности элементов ω_j , измеряемые в условных единицах. Штрихпунктиром обозначены «видимости» элементов ИВС. Если элементы находятся внутри пунктирной линии, значит, между ними может быть установлена физическая связь.

Формируем первый пул с характеристиками $\Omega = \{\langle \Omega_1, \omega_1^{\min} \rangle\} = \{\langle 16, 3 \rangle\}$:

— рассчитываем радиусы элементов r_{ω} и формируем множество V_r (рис. 6). Множество сформировано элементами, обозначенными закрашенными кругами;



■ Рис. 5. Структура ИВС и производительности элементов ω_j



■ Рис. 6. Формирование множества V_r

— производим упорядочивание элементов V_r по числу существующих физических связей. Порядковые номера элементов множества V_r отмечены цифрами в указателях. Множество $V_r = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12\}$.

Ограничение для примера: предположим, что производительность каналов связи (пропускная способность) и производительность любого элемента достаточны для передачи данных (элемент способен выполнять транзит данных).

На втором шаге производим *комбинирование пула*.

1. Предположим, что точка входа для задачи v_1 — элемент с номером 1, поэтому сразу включаем его в V_{Ω_1} :

$$V_r = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12\}, V_{\Omega_1} = \{1\}, \Omega_1 \leq 7 < 16.$$

2. Добавляем в V_{Ω_1} ближайший элемент с наименьшим номером, физически связанный с элементом 1:

$$V_r = \{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12\},$$

$$V_{\Omega_1} \{1, 2\}, \Omega_1 \leq 7 + 3 = 10 < 16.$$

3. Поскольку не осталось элементов из V_r , физически связанных с элементами 1 и 2, берем элемент, ближайший к элементу 1, имеющий наименьший номер:

$$V_r = \{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12\},$$

$$V_{\Omega_1} = \{1, 2, 11\}, \Omega_1 \leq 10 + 8 = 18 \geq 16.$$

4. Пул $\langle \Omega_1, \omega_1^{\min} \rangle = \langle 16, 3 \rangle$ скомбинирован.

Аналогично повторяем для остальных пулов.

Комбинируем пул $i=2$, $\langle \Omega_2, \omega_2^{\min} \rangle = \langle 18, 3 \rangle$.

Точка входа — вершина № 3.

$$1. V_r = \{4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12\}, V_{\Omega_2} = \{3\}, \Omega_2 \leq 4 < 18.$$

$$2. V_r = \{5, 6, 7, 8, 9, 10, 12\}, V_{\Omega_2} = \{3, 4\}, \Omega_2 \leq 4 + 3 < 18.$$

3. Элементы 5 и 7 имеют одинаковое расстояние до точки входа, равное двум. Мы берем элемент с меньшим номером — 5, $V_r = \{6, 7, 8, 9, 10, 12\}$, $V_{\Omega_2} = \{3, 4, 5\}$, $\Omega_2 \leq 7 + 3 = 10 < 18$.

$$4. V_r = \{6, 8, 9, 10, 12\}, V_{\Omega_2} = \{3, 4, 5, 7\}, \Omega_2 \leq 10 + 3 = 13 < 18.$$

$$5. V_r = \{8, 9, 10, 12\}, V_{\Omega_2} = \{3, 4, 5, 7, 6\}, \Omega_2 \leq 13 + 3 = 16 < 18.$$

6. Максимум производительности второго пула $\Omega_{2\max}$ меньше требуемой на две единицы. Поскольку отсутствуют элементы, с которыми могут быть образованы физические связи, то комбинирование пула заканчивается выдачей сообщения на уровне программного обеспечения о том, что пул с требуемыми характеристиками не может быть скомбинирован. Предположим, что на уровне программного обеспечения принято решение о нецелесообразности использования

такого пула. Удаляем созданную комбинацию и возвращаем элементы в V_r .

Комбинируем пул $i = 3$, $\langle \Omega_3, \omega_3^{\min} \rangle = \langle 3, 3 \rangle$. Точка входа — вершина № 8.

1. $V_r = \{4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12\}$, $V_{\Omega_3} = \{8\}$, $\Omega_3 \leq 3 \geq 3$.

2. Пул $\langle \Omega_3, \omega_3^{\min} \rangle = \langle 3, 3 \rangle$ скомбинирован.

Комбинируем пул $i = 4$, $\langle \Omega_4, \omega_4^{\min} \rangle = \langle 4, 3 \rangle$. Точка входа — вершина № 9.

1. $V_r = \{10\}$, $V_{\Omega_4} = \{9\}$, $\Omega_4 \leq 4 \geq 4$.

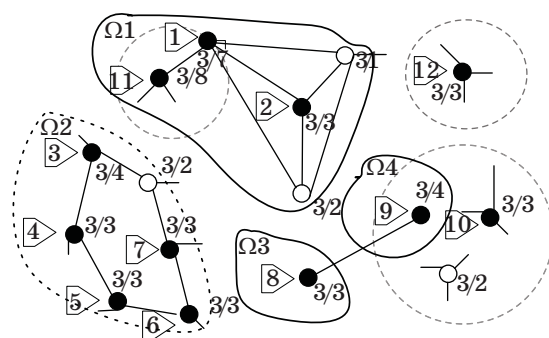
2. Пул $\langle \Omega_4, \omega_4^{\min} \rangle = \langle 4, 3 \rangle$ скомбинирован.

После выполнения шага 3 и выдачи соответствующих управляющих воздействий ИВС приобретет структуру, показанную на рис. 7. Неудавшийся пул обозначен жирной пунктирной линией. Элементу 11 были выданы команды на перемещение, чтобы появилась возможность установить физическую связь с элементом 1.

Предложенный метод может использоваться для формирования транков, для этого необходимо вершинам графа сопоставить каналы связи. В этом случае ω — пропускная способность канала, Ω — пропускная способность транка.

При применении метода для создания пулов из устройств ввода-вывода и накопителей данных необходимо вместо закономерности $\Omega_j \leq \sum_{z=1}^{\text{card}(V_{\Omega_j})} \omega_z$, связывающей производительности пулов и отдельных элементов, представить другие закономерности, адекватные для устройств ввода-вывода и накопителей.

Физическим воплощением предложенного в статье метода (выделением ресурсов ИВС для возникающих задач) должен заниматься распределенный гипервизор, части которого присут-



■ Рис. 7. Структура ИВС после изменений

ствуют на каждом элементе ИВС. Это позволит реализовать описанный в статье принцип постепенного распространения задач по ИВС, снизить накладные расходы на управление, а главное — продолжать решение задач даже в том случае, когда ИВС «развалится» на несвязные сегменты. Ближайшим централизованным прототипом может выступить система управления кластерами LSF. Идентификацию ресурсов ИВС целесообразно возложить на механизмы, подобные реализованным в сетях Netsukuku, Hyperboria, дополненные механизмами блокировок запрошенных ресурсов и усиленные процедурами аутентификации.

Заключение

Таким образом, применение метода динамического формирования пулов позволяет решать поставленные задачи в случаях, когда потребности задач превышают доступные ресурсы отдельных элементов ИВС, путем адаптации структуры ИВС, существующей в период решения задачи.

Литература

1. Калинин В. Н. Теоретические основы системных исследований: краткий авторский курс лекций для адъюнктов академии. — СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2011. — 278 с.
2. Хорошевский В. Г. Архитектура вычислительных систем. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. — 520 с.
3. Грызунов В. В. Аналитическая модель целостной информационной системы // Доклады ТУСУР. 2009. № 1(19). Ч. 1. С. 226–230.

4. Грызунов В. В. Оценивание живучести неоднородных структур // Вестник СибГУТИ. 2011. № 1. С. 28–35.
5. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ РФ № 2013617271. Программный комплекс моделирования работы единого информационного пространства в части формирования пулов / В. В. Грызунов, Э. Г. Хамзин (РФ). — № 2013615037; зарег. 07.08.2013.

UDC 004.042+004.274

doi:10.15217/issn1684-8853.2015.1.13

Dynamic Aggregation of Pools in Military Computing SystemsGryzunov V. V.^a, PhD, Tech., Senior Researcher, viv1313r@mail.ru^aA. F. Mozhaiskii Military Space Academy, 13, Zhdanovskaia St., 197198, Saint-Petersburg, Russian Federation

Purpose: Military computing systems can face situations when the amount of the tasks drastically increases, or when the systems degrades owing to natural failures and/or adversary's impact. In these situations, the computing system resources are usually insufficient and the functional environment is generally non-stochastic. This research is devoted to the problem of resource distribution for tasks in a non-stochastic environment using adaptive control theory methods. **Methods:** The informational and technical impact is formalized to specify adversary's opportunities in changing the computing system structure. This helps to create a computing system model in real time during the control process. The pool (assembled resources) is created during the solution of a modified bin packing problem. To speed it up, the set of alternatives is narrowed down step by step, and the tasks are distributed over the system on a phased basis. **Results:** A method was proposed which adapts the current structure of a distributed heterogeneous computing system with stationary and mobile elements in order to assemble pools appropriate for the tasks. A pool is assembled from processors, links, input-output facilities and storage units. Originally, a pool has an entry-point for the task, i.e. the initial element for the task execution. Later the pool is expanded by adjacent elements. The expanding procedure repeats until all the system resources are used up or until a pool with necessary characteristics is assembled. The obtained pool is not optimal but its assembly time is close to real. Convergence and termination of the proposed method were proved. An example was given, and the conditions of using the method were shown. **Practical relevance:** The results of the research can be used for building an integrated informational environment of various governmental services using military automated systems.

Keywords — Aggregation of Pools, Computing System Structure Adaptation, Deficit of Resources.

References

1. Kalinin V. N. *Teoreticheskie osnovy sistemnykh issledovaniy: kratkii avtorskii kurs lektsiya dlya ad'yunktov akademii* [The Theoretical Bases of The System Research: Short Author's Course for Advanced Students in Military Academy]. Saint-Petersburg, VKA im. A. F. Mozhaiskogo Publ., 2011. 278 p. (In Russian).
2. Khoroshevskii V. G. *Arkhitektura vychislitel'nykh sistem* [Architecture of The Computer Systems]. Moscow, MGTU im. N. E. Baumana Publ., 2008. 520 p. (In Russian).
3. Gryzunov V. V. The Analytical Model of the Whole Information System. *Doklady TUSUR*, 2009, no. 1(19), ch. 1, pp. 226–230 (In Russian).
4. Gryzunov V. V. The Estimation of the Survivability of Heterogeneous Structure. *Vestnik SibGUTI*, 2011, no. 1, pp. 28–35 (In Russian).
5. Gryzunov V. V., et al. *Programmnyi kompleks modelirovaniia raboty edinogo informatsionnogo prostranstva v chasti formirovaniia pulov* [Software Modeling Work the Integrated Area of Information in a Part of Assembles Pools]. Patent RF, no. 2013617271, 2013.