

УДК 681.324.01

ПРИНЦИПЫ ДЕКОМПОЗИЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

В.М. Левыкин, А.Я. Скляр, И.А. Макрушан.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники.

В статье анализируются известные подходы к декомпозиции систем управления сетевыми информационными технологиями. Предлагается подход, основанный на преобразовании сложной системы в иерархическую с помощью последовательного применения основных принципов декомпозиции. Рассматривается ряд существенных преимуществ нового подхода, что дает основания для реорганизации объекта управления с целью совершенствования его структуры.

Ключевые слова: информационная технология, принципы декомпозиции, иерархическая система

Введение

Быстрое развитие и усложнение технических средств вычислительной техники, системного программного обеспечения, увеличение масштабов и стоимостей работ по созданию распределенных информационных технологий, оперативная переориентация их на решение новых комплексов прикладных задач служит основанием для применения, при решении задач синтеза автоматических и автоматизированных систем управления такими объектами, методов и алгоритмов теории больших (сложных) систем [1-3], какими и являются современные распределенные системы управления сетевыми информационными технологиями (ИТ).

При этом особую значимость приобретают методы построения единого обобщенного критерия оценки качества функционирования всей системы управления ИТ. Декомпозиция этого критерия должна осуществляться таким образом, чтобы обеспечивался компромисс между требованиями оптимизации глобального критерия эффективности и требованиями оптимизации локальных критериев эффективности подсистем различных уровней.

Анализ систем централизованного и децентрализованного управления

Проанализируем основные отличия систем централизованного и децентрализованного управления (имеется в виду децентрализация с целью специализации, а затем объединение в иерархии) в смысле различия подходов и методов их синтеза.

Прежде всего, для систем управления ИТ с централизованным управлением необходимо задать единый критерий оптимальности для всей системы в целом, в то время как для иерархических систем каждая из подсистем имеет свои локальные критерии оптимальности. В этом случае, даже если вся иерархическая система в целом функционирует для достижения какой-либо одной цели, отдельные подсистемы могут не достигать оптимальных значений своих локальных критериев. Это означает, что локальные цели подсистем в этом случае имеют некоторые противоречия с глобальной целью всей системы (и, может быть, с критериями локальных подсистем), и должны быть подвержены модификации координирующими воздействиями (параметрами порядка).

В децентрализованных системах возникают трудности, связанные со сложностью анализа поведения и управления такими системами. Однако иерархические структуры все более находят применение при построении систем управления сложными объектами различной природы. Причиной этому является то, что достаточно сложные системы, состоящие из объектов различной природы (для распределенных ИТ это комплексы прикладных программ, системное программное обеспечение, разнородные технические средства коммуникации, пользователи общих сетевых ресурсов и т.п.) большой размерности, различной инерционности, не смогут функционировать без разделения функций принятия решений по управлению, без введения иерархической структуры системы управления. Размерность системы управления в целом при централизованном управлении такова, что решать задачу оптимального управления в реальном масштабе времени будет неприемлемо по многим причинам, а именно: слишком большой информационный трафик, порождаемый самой системой управления, который необходимо обрабатывать; ограниченность в пропускной способности каналов связи; слишком маленькое требуемое время реакции системы управления на обнаруженные возмущения, и т.д.

В иерархических системах, в большинстве случаев, действие внешних возмущений на отдельные подсистемы может быть устранено самостоятельно на локальном уровне и может не затрагивать другие подсистемы. Это улучшает адаптивные свойства иерархической системы и позволяет сократить затраты времени и средств на процедуры управления (в частности, выражающееся в минимизации общего служебного трафика, порождаемого системой управления).

Иерархическая система обладает повышенной надежностью, так как выход из строя системы управления отдельной подсистемой обычно не приводит к выходу из строя всей системы в целом (т.е. имеется возможность в локализации проблем через изоляцию проблемной подсистемы от всей системы). Кроме того, централизованное управление предъявляет повышенные требования к точности информации о состоянии наблюдаемых и управляемых объектов, так как искажение информации по одной из управляемых переменных может привести к ошибочному решению для всей системы в целом. Требование повышенной надежности централизованной системы управления приводит к возрастанию стоимости и времени выработки управляющих воздействий.

Период выработки управляющего воздействия в централизованных системах определяется подсистемой, обладающей наименьшей постоянной времени (наименее инерционной), в то время как другие подсистемы допускают управление с большими периодами в силу своей большей инерционности. Иерархическая структура учитывает инерционность отдельных подсистем, что приводит к различной периодичности сбора информации о состоянии локальной подсистемы, а также различной периодичности при выработке управляющих воздействий на разных уровнях и к автономному функционированию подсистем на некоторых промежутках времени в режиме самоорганизации.

Иерархическая структура системы управления распределенной ИТ допускает описание подсистем с учетом различных аспектов:

- физических (на уровне передачи сигналов по среде передачи);
- средств структуризации корпоративных компьютерных сетей (концентраторов, мостов, коммутаторов, маршрутизаторов);
- программного обеспечения (ПО) (включая системное и прикладное ПО);
- экономических (влияние эффективности функционирования ИТ на показатели эффективности бизнес-процессов, которые она обеспечивает), и т. п.

Описание подсистем допускается на разных уровнях абстракции с использованием различных формальных средств (теории множеств, теории принятия решений, теории массового обслуживания (при моделировании и анализе потоков запросов на обслуживание к специализированным серверам); математического анализа; алгебры логики и др.).

Централизованная система управления, как правило, требует, чтобы все подсистемы, входящие в ее состав, описывались на одном абстрактном языке с учетом одних и тех же аспектов, характеризующих их функционирование.

Следует отметить, что в сложных системах управления ИТ с иерархической структурой оказывается недостаточным выбирать оптимальную стратегию для подсистем нижних уровней, двигаясь по дереву целей вниз, так как при этом возможно установление таких требований к управляющим подсистемам, которые приведут к нежелательным и даже опасным режимам функционирования локальных объектов управления. Кроме того, подсистемы нижних уровней могут нести потери по своим локальным критериям оптимальности. Все это приводит к несовпадению интересов подсистем верхних и нижних уровней, что и является причиной необходимости формирования координирующих воздействий с целью поддержания работоспособности всей системы в целом на требуемом уровне эффективности. Возникает задача модификации критериев качества функционирования подсистем, исходя из заданного качества функционирования всей системы, чтобы обеспечить общую эффективность управляющей системы.

Анализ подходов к декомпозиции систем управления

В большинстве случаев, при проектировании систем управления сложными ИТ критерии качества выражаются через динамические свойства объекта (общих сетевых ресурсов). При этом важно получить удовлетворительную динамическую характеристику управляемой системы, но вместе с тем необходимо учитывать и другие факторы, которые представляют интерес для проектировщика системы управления: стоимость оборудования, надежность, ремонтпригодность, скорость и стоимость настройки, граничные значения экономической и технической

эффективности всего организационно-технологического комплекса системы управления распределенной ИТ (рис. 1). Все эти факторы влияют на процесс синтеза системы управления ИТ, и их следует учитывать с самого начала процесса проектирования. Причем синтезированная система управления ИТ должна обеспечивать достижение оптимума глобального критерия качества.

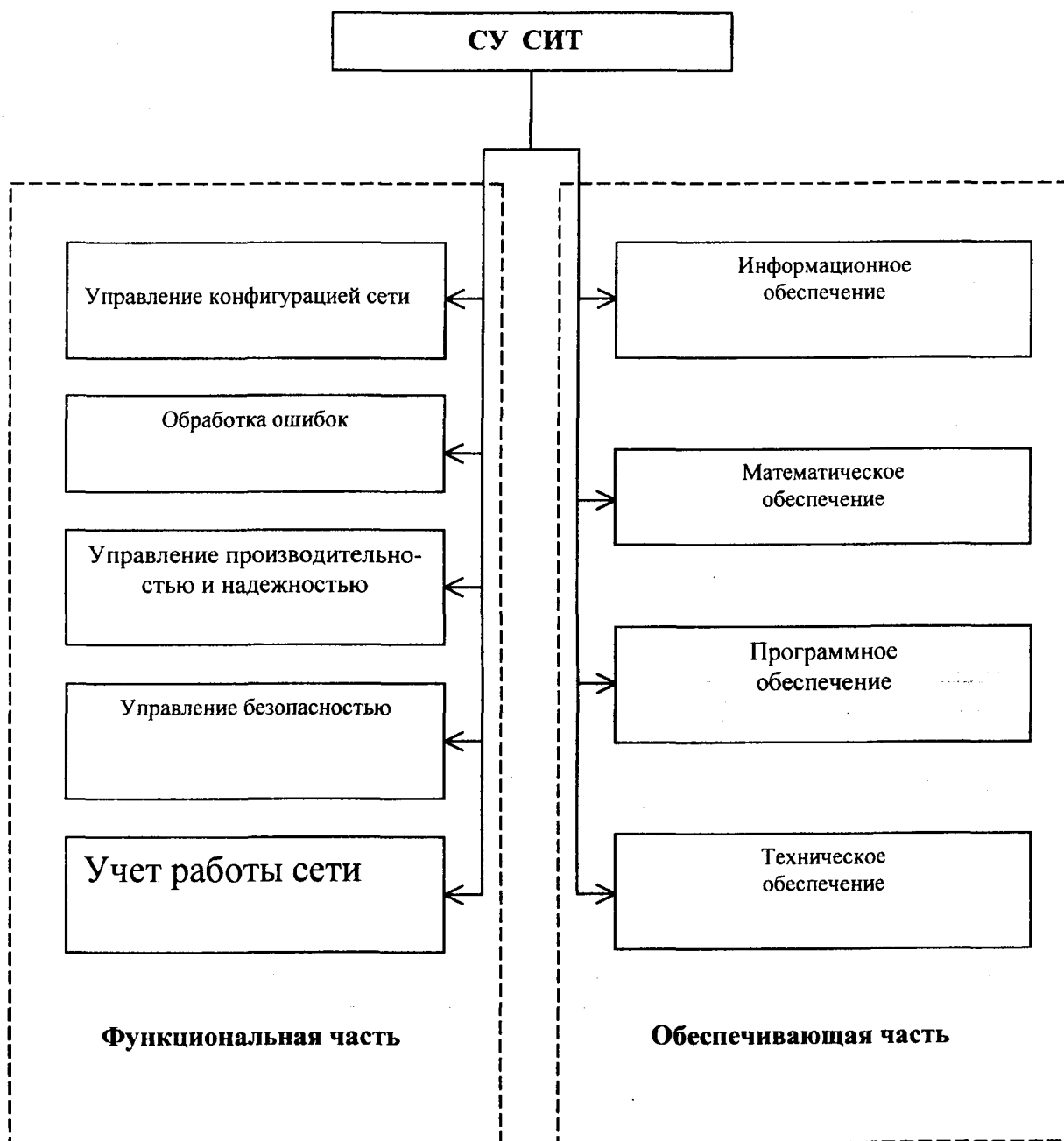


Рис. 1. Структура системы управления сетевой информационной технологией

Отметим, что разбиение сложной системы управления ИТ на функциональные подсистемы обуславливается большой размерностью и многообразием задач управления ИТ с вытекающими из этого трудностями, связанными со сбором и обработкой информации о состоянии общих сетевых ресурсов, используемых для формирования управляющих воздействий. Структура взаимодействия подсистем, входящих в состав сложной системы управления ИТ, может быть различной, но в большинстве случаев она должна быть иерархической. Построение системы управления сложными организационно-технологическими объектами распределенной ИТ по

иерархическому принципу требует учета особых характерных черт таких систем и объектов, а именно [1, 3, 4]:

1) наличие приоритета в принятии решения по оптимизации между подсистемами, входящими в состав исследуемой сложной системы;

2) расположение подсистем с явно выраженными локальными свойствами по уровням иерархии в соответствии с приоритетом принимаемых ими решений, причем подсистемы одного уровня по отношению друг к другу обладают одинаковым приоритетом в выборе решений;

3) решение каждой из подсистем, кроме подсистем первого уровня, двух задач по своим локальным критериям оптимальности: задачи самоуправления (локальная задача) и задачи координации подчиненных ей подсистем нижнего уровня;

4) осуществление связи подсистем нижнего уровня с подсистемами верхних по отношению к ним уровней путем передачи предварительно обобщенной (агрегированной) информации для существенного уменьшения служебного трафика;

5) осуществление связи подсистем верхних уровней с подчиненными им подсистемами нижнего уровня через управляющие воздействия, выдаваемые подсистемами верхних уровней (задание параметров порядка);

6) осуществление связи между подсистемами одного уровня как непосредственно через выходные переменные, описывающие их состояние, так и через управляющие воздействия, формируемые при решении задачи координации в подсистеме верхнего уровня;

7) реализацию задач координации в каждой из подсистем, кроме подсистем первого уровня, использующих обобщенную информацию о поведении всей совокупности подчиненных ей систем нижних уровней; формирование параметров задач координации при решении задач самоуправления (самонастройки) в каждой из подсистем;

8) существование тактов (временных интервалов) в решении задач самоуправления и координации в каждой из подсистем и связанных с этим тактов выдачи как обобщенной информации, так и управляющих воздействий непосредственно на локальные управляемые сетевые ресурсы;

9) большую длительность периодов решения задач повышения эффективности в подсистемах верхних уровней, чем в нижних;

10) наличие права (приоритета действия) для подсистем нижних уровней принимать самостоятельное решение при заданном с верхнего уровня управляющем воздействии (параметре порядка) между двумя соседними тактами решения задач координации в подсистеме верхнего уровня.

В связи с вышесказанным представляется возможным свести теорию построения иерархических систем управления ИТ и эвристические методы решения относящихся к ней задач к построению обобщающих формул, простая детализация которых может дать математические уравнения, необходимые для решения задачи разбиения сложной распределенной ИТ на относительно независимые (до некоторой известной степени независимости) узлы управления и определить форму параметров порядка, формируемых управляющими объектами верхних уровней. С другой стороны, это позволит объединить и представить с единой точки зрения различные принципы решения сложных задач синтеза систем управления распределенными ИТ, покажет их связь и взаимозависимость и упорядочит их так, чтобы можно было судить о степени их точности и общности. Также позволит разработать инженерные технологии построения эффективных систем управления распределенными ИТ.

Основой синтеза иерархических структур систем управления распределенными ИТ являются методы декомпозиции, использующие принципы специализации управляющих воздействий, а также методы координации, основанные на трех принципах: прогнозирования взаимодействий, "развязывания" взаимодействий, оценка взаимодействий. Методы координации формируют соответствующие параметры порядка, под которыми будем понимать целевые функции, ограничивающие значения параметров функционирования компьютерной сети.

Следует отметить, что декомпозиции структур сложных систем управления на подсистемы уделено достаточно много внимания [2, 4-6 и др.]. В то же время вопросы преобразования декомпозированной системы в иерархически связанную систему освещены с самых общих концептуальных позиций и не охватывают широкий круг практически важных задач синтеза. В связи с этим является актуальной задача анализа известных методов декомпозиции систем

управління складними корпоративними ІТ і розробки метода преобразования декомпоziрованої системи в ієрархічну за допомогою послідовного застосування основних принципів декомпозиції.

Однією особливістю методів синтезу ієрархічних структур систем управління складними розподіленими корпоративними ІТ є необхідність декомпозиції глобальної оптимізаційної задачі управління в ряд ієрархічно пов'язаних підзадач. Традиційний підхід до створення таких систем передбачає формулювання спочатку локальних оптимізаційних підзадач, які забезпечують досягнення локальних цілей структурних підрозділів об'єкта управління, а потім синтез додаткових підзадач, які забезпечують координацію локальних рішень, направлену на досягнення глобальної цілі всієї системи [1-6]. В цих методах глобальна ціль системи формально не виражається в явній формі, а забезпечується тільки якістю процедур координації. Крім того, координаційні методи не дають строго формалізованого підходу до отримання локальних підзадач введенням спрощень і еволюційного змінення глобальної цілі в разі недостатності вихідної інформації про об'єкт управління на момент проектування і експлуатації. В координаційному підході спрощення глобальної цілі виробляються в неявній формі при побудові процедур координації, що може призвести до недооцінки ступеня взаємодії підзадач і поганої координуємість всієї системи.

Висновки

На основі аналізу відомих принципів декомпозиції систем управління складними мережевими ІТ пропонується підхід, оснований на преобразованні складної системи в ієрархічну за допомогою послідовного застосування основних принципів декомпозиції.

Одним з важливих переваг запропонованого підходу є те, що завжди при заміні глобальної цілі на локальні формально враховуються будь-які допустимі спрощення, при цьому в явній формі враховуються всі взаємозв'язки між підзадачами. Крім того, синтезовані в відповідності з запропонованим підходом, оснований на принципі "від глобальної цілі до ієрархії підцелей", структури систем управління можуть не співпадати з природною композиційною природою об'єкта управління (існуючого розбиття мережової ІТ на регіони управління), що може слугувати основою для реорганізації об'єкта з метою удосконалення його структури.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Волик Б.Г., Буянов Б.Б., Лубков Н.В. Методи аналізу і синтезу структур управляючих систем. - М.: Енергоатомиздат, 1988. - 296 с.
2. Месарович М., Мако Д., Такахага І. Теорія ієрархічних багаторівневих систем. - М.: Мир, 1973. - 344 с.
3. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Висновкові методи дослідження і проектування складних систем. - М.: Наука, 1982. - 286 с.
4. Цурков В.І. Ітеративний метод декомпозиції для екстремальних задач // ДАН СРСР. - 1980. - Т. 250. - № 2, - С. 76-98.
5. Ульм С. Методи декомпозиції для рішення задач оптимізації. - Таллін: Валгус, 1979. - 132 с.
6. Склярів А.Я., Панферова І.Ю. До питання синтезу ієрархічних структур систем управління багатов'язними організаційно-технологічними комплексами // Тезиси доповідей 3-й Міжнарод. конф. «Теорія і техніка передачі, прийому і обробки інформації». - Туапсе: ХТУРЕ., 1997. - С. 237.

Получено редакцією 30.09.2005.

© Левькин В.М., 2005.

© Склярів А.Я., 2005.

© Макрушан І.А., 2005.

Левькин Виктор Макарович, д.т.н., проф., зав. кафедрой ИУС, директор института КИТ.

Склярів Александр Яковлевич, к.т.н., доц.

Макрушан Ирина Анатольевна, ассистент.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники.