

УДК 621.317.75

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБМЕНОВ И ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Везенов В.И., заместитель генерального директора ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» - директор-главный конструктор филиала «ОКБ «Спектр», к. т. н., teandr@spectr.ryazan.ru

Пресняков А.Н., главный специалист филиала ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» - ОКБ «Спектр», к. т. н., 4370@spectr.ryazan.ru

Ключевые слова: распределенные системы, поддержка принятия решений, обмен данными.

Введение

Создание и эксплуатация сложных технических комплексов (СТК), таких, например, как ракетная и космическая техника, характеризуются постоянным усложнением как самих СТК, так и средств их испытаний, технического обслуживания и эксплуатации. Высокая стоимость проектов по созданию, отработке и эксплуатации СТК повышает требования качества к отработке всех их компонентов, а также к организации работ по подготовке к проведению работ с СТК и непосредственно при их эксплуатации. Специфика многих СТК требует скоординированной работы на территориально распределенных объектах. Объективность оценок состояния СТК на различных стадиях жизненного цикла обеспечивается сложными системами измерений, включающими в себя сотни и тысячи разнотипных источников информации: от первичных преобразователей физических величин – датчиков, до сложных, в том числе и бортовых измерительных приборов и специализированных ЭВМ.

При отработке, обеспечивающей выявление и устранение конструкционных, технологических и производственных дефектов, получают, обрабатывают и анализируют данные измерений. Спектр испытаний, цели, методы и средства их проведения постоянно расширяется, они проводятся на заводах-изготовителях компонентов СТК и на объектах, где эксплуатируются СТК и обеспечивающие их системы. С повышением требований к качеству отработки СТК растут объемы измерительной информации (ИИ). Переработать большие объемы ИИ в заданные сроки и с высоким качеством без применения эффективных автоматизированных методов обработки и управления процессом испытаний невозможно [1-3, 10].

Созданы и эксплуатируются контрольно-проверочная аппаратура (КПА) для контроля и испытаний основных компонентов СТК, автоматизированные и автоматические системы управления техпроцессами СТК (АСУ ТП). В отдельных случаях реализуются техпроцессы повышенной опасности (заправка компонентами ракетного горючего ракеты-носителя, работы с химическим оружием в местах их хранения и уничтожения и др.).

Особую значимость для обеспечения безопасности приобретает скоординированная совместная работа персонала различных обслуживающих систем, оперативная комплексная обработка информации, поступающей с различных, в том числе и подвижных, объектов и корректное

Рассматриваются вопросы информационных ресурсов распределенных автоматизированных систем в части организации информационных обменов и интеграции данных.

управление этими системами (в том числе и в нештатных ситуациях). Создаются интегрированные автоматизированные системы управления (ИАСУ), взаимодействующие с рядом КПА и АСУ ТП, распределенных по ряду территориально разнесенных объектов.

Целью создания таких АСУ является сокращение сроков, повышение эффективности и качества функционирования СТК за счет автоматизации, информатизации и координации деятельности должностных лиц и специалистов эксплуатирующих СТК, предприятий-разработчиков и изготовителей компонентов СТК и обслуживающих систем.

В целом подобные системы не укладываются в рамки известных типов АСУ и в соответствии с предъявляемыми требованиями должны функционировать как: информационно-аналитическая система; контрольно-диагностический комплекс; система поддержки принятия решений (СППР); автоматическая и автоматизированная управляющие системы.

Построение современных информационных систем (ИС) напрямую связано с реляционными и объектно-ориентированными базами данных (БД), базами знаний (БЗ) и системами управления БД (СУБД). Технология БД в последнее время утвердилась как основная технология обработки данных в ИС различного масштаба и в системах поддержки принятия решений.

Процессы информационной интеграции происходят во всем мире. В то же время ошибочно автоматически переносить подходы, хорошо зарекомендовавшие себя при создании более простых ИС, в совершенно иную среду территориально распределенных ИАСУ [6]. В территориально распределенных системах задача сбора, консолидации и обработки информации становится одной из самых актуальных и результатом ее решения является своевременное обеспечение необходимой информацией по осуществляемой деятельности руководителей и специалистов, участвующих в работах.

В рассматриваемом случае (для СТК) добавляются также: необходимость доставки ИИ (в частности с ИП, при работах с ракетной техникой) и работа БД в реальном времени, высокие требования к надежности доставки и представления данных. В этих условиях решение задачи обмена данными между территориально удаленными компонентами превращается в сложную проблему.

Сложные процессы подготовки и зачастую высокая степень опасности работ по СТК требует высококачественной их интеграции на верхнем уровне управления, что должно быть адекватно отражено в средствах автоматизации и информатизации ИАСУ и, соответственно, в организации информационных ресурсов системы.

Специфика ИАСУ потребовала от предприятия решения задач научной поддержки организации информационных ресурсов системы:

- развитие методов информационного моделирования для учета специфики потребностей в информационных ресурсах территориально распределенных ИАСУ;
- регламентация прикладных протоколов и интегрируемых ресурсов для ИАСУ;
- разработка протоколов обменов между БД, учитывающих специфику измерительных данных (жесткие требования по времени обменов и т.д.) [11];
- разработка метода и алгоритмов обработки обменных данных (при передаче и приеме) между БД системы;
- разработка моделей оценки показателей качества системы (по надежности, своевременности, полноте, актуальности, безошибочности, корректности представляемой информации и т.п.), учитывающих специфику ИАСУ;
- разработка моделей для интегральных оценок показателей качества ИАСУ;
- разработка встроенной системы поддержки принятия решений (прежде всего для поддержки решений лиц принимающих решения в нештатных ситуациях);
- разработка математических моделей и методов рационализации структур данных ИАСУ (для обеспечения специфических требований, в частности, по режиму реального времени).

Организация информационных обменов и интеграция данных

В связи с особенностью ИАСУ и взаимодействующих с ней систем, большую часть времени их БД должны работать автономно, и СУБД, поддерживающие распределенные БД, в системе не применяют, не используются также методы репликации данных в системе взаимодействующих БД. В то же время, в период функционирования ряда СТК должны проводиться интенсивные обмены данными, и поступающие от различных источников массивы информации должны интегрироваться.

Основу известных методов информационных обменов составляют способы генерации уникальных ключей во взаимодействующих БД, изложенные в [9]. Наиболее перспективным считается способ генерации новых ключей для записей, загружаемых в БД из БД источников. При информационных обменах используется специальная структура метаданных (таблица или несколько таблиц) для хранения соответствий между ключами БД источников и ключами, сгенерированными в БД приемнике, а также процедуры для управления данной структурой.

Недостатком известных методов информационных обменов при применении в ИАСУ является то, что обеспечивается только уникальность записей данных в БД приемнике, когда данные получают от нескольких БД источников. В известных методах не обеспечивается исключение многократного хранения одних и тех же по содержанию данных, по тем или иным причинам повторенных при переда-

че от нескольких источников.

Для БД реального времени ИАСУ предложен [11] метод, исключающий повторные записи данных, которые уже занесены в БД приемника и которые вновь поступают в составе данных от новой БД источника. Обеспечивается также корректное совмещение данных от нескольких БД источников в единый логически связанный информационный массив, что существенно повышает функциональные возможности системы. Реализуется возможность обеспечения информационного обмена не только между БД, образующих иерархию ("подчиненные" БД источники и "центральная" принимающая БД, такая топология интегрируемых информационных ресурсов характерна для большинства известных методов идентификации данных), но и в произвольной структуре взаимодействия БД, предусматривающей сетевую топологию обменов, в том числе и двухсторонних обменов между произвольно взятыми отдельными БД информационной системы (рис.1). Потребность в подобной топологии интегрируемых информационных ресурсов характерна для ИАСУ.

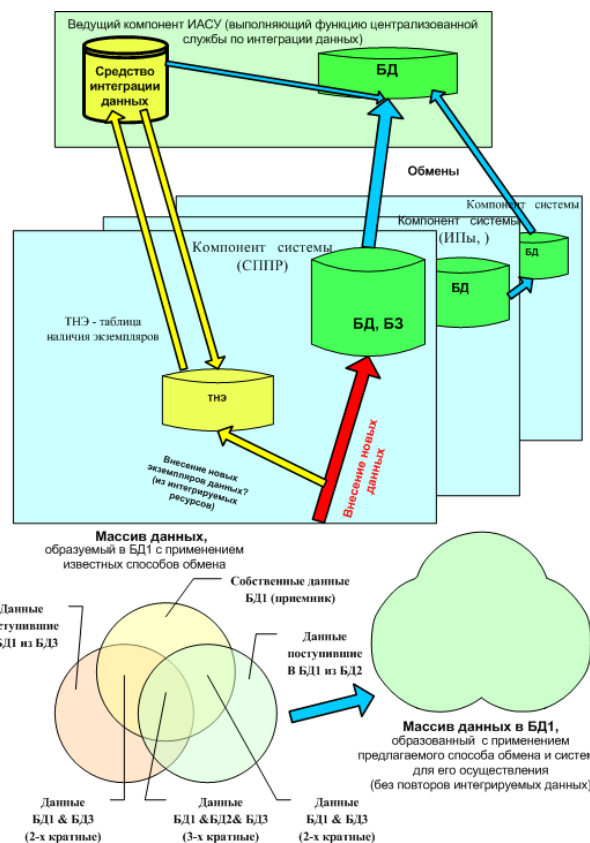


Рис. 1. Обмены данными в ИАСУ

При создании современных систем телекоммуникаций одной из важнейших является задача обеспечения высокой достоверности передачи данных. К наиболее эффективным методам решения данной задачи следует отнести применение корректирующих кодов. Применение помехоустойчивого кодирования в цифровых системах передачи данных позволяет получить энергетический выигрыш кодирования. Энергетический выигрыш можно использовать для уменьшения требуемой мощности передатчика, повышения скорости передачи данных, уменьшения размеров очень дорогих антенн, повышения дальности связи, экономии полосы частот и

улучшения многих других важных свойств систем передачи данных.

В связи с высокой интенсивностью сбоев при передаче данных по спутниковым каналам применение различных методов помехоустойчивого кодирования в практике создания соответствующих систем связи стало обязательным. Развитие методов помехоустойчивого кодирования один из основных факторов, позволивших в отечественных системах спутниковой связи за последнее десятилетие уменьшить вероятность помех с 10^{-6} на передаваемый символ данных до 10^{-8} с одновременным увеличением почти на порядок пропускной способности.

В известных методах передаваемые по каналам связи данные разбивают на блоки. При наличии искажений передаваемых данных используют одну или несколько дополнительных передач блоков данных. При этом по каналу обратной связи передают либо принятые сообщения (системы с информационной обратной связью), либо решение о правильном или ошибочном приеме сообщений (системы с решающей обратной связью). Использование обратной связи обеспечивает высокую достоверность передаваемой информации, но не гарантирует время доставки данных. Такие методы поддерживаются в стандартах на коммуникационные протоколы, в частности, в наиболее распространенном в настоящее время стеке протоколов TCP/IP.

При сборе и передаче значительных объемов ИИ по большому числу параметров СТК необходимы каналы связи со спутниковыми сегментами с передачей данных через один или несколько спутников на геостационарной орбите. Большое время распространения сигнала, обусловленное длиной радиопутья земля – спутник – земля и обратно (на обратную связь), усугубляет проблему выполнения требований по времени доставки данных. Часть данных, необходимых для репортажа о поведении СТК и экспресс-анализа данных телеизмерений наиболее значимых параметров, должна передаваться в реальном времени. В этом случае используют коммуникационные протоколы UDP без обратной связи. Время доставки обеспечивается, но не обеспечивается достоверность. Риск потери данных высокий и находится за пределами допустимого уровня.

В [12] предлагается способ повысить надежность доставки данных. Для выполнения требований по достоверности передачи данных помимо использования помехоустойчивого кодирования блоков данных для каждого передаваемого блока данных формируются и передаются один или несколько резервных блоков. Надежность передачи повышается без включения механизмов обратной связи, которые не гарантируют время доставки.

Организация встроенной СППР

При создании и эксплуатации СТК зачастую возникают нештатные ситуации. Часть нештатных ситуаций может привести к катастрофическим последствиям и требует высокого уровня ответственности за принимаемое решение по их своевременному парированию. При эксплуатации СТК разработаны сотни вариантов развития нештатных ситуаций с априорно известными признаками их появления. Созданы средства, которые вы-

являют такие признаки, за которыми должно следовать немедленное, в том числе и автоматическое реагирование. В ИАСУ функции выявления и парирования (автоматического и автоматизированного с участием персонала) выполняет встроенная система поддержки принятия решений (СППР).

Современные встроенные СППР реального времени требуют наличия интеллектуальных информационных ресурсов, гармонично интегрированных с информационными массивами других компонентов системы.

В СППР ИАСУ используются:

- начальное формирование «знаний», необходимых для выявления нештатных ситуаций и выбора вариантов реагирования (по данным соответствующих эксплуатационных документов /ассоциации, корреляции/; по предшествующему опыту эксплуатации других видов или экземпляров СТК /аналогии/);

- накопление «знаний» по опыту эксплуатации /прецеденты/;

- прием и обработка оперативных данных интегрированного контроля компонентов СТК, поступающих от компонентов ИАСУ;

- выдача координирующих управляющих воздействий для компонентов ИАСУ и на взаимодействующие с ИАСУ КПА и АСУ ТП (в автоматизированном режиме под управлением ЛПР, а в особых случаях и в автоматическом режиме);

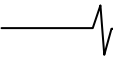
- формирование и выдача потоков данных информационной поддержки персонала ИАСУ, ЛПР.

Для работы СППР в реальном времени все данные в БД и БЗ заносятся под управлением централизованной службы интеграции [11].

Концептуальная модель СППР содержит следующие взаимодействующие блоки: блок интерфейса (для приема данных интегрального контроля текущего состояния СТК, выдачи команд управления на компоненты ИАСУ, в том числе и парирования нештатных ситуаций, выдачи данных информационной поддержки персонала и для других видов взаимодействия), аналитический модуль (блок анализа ситуаций, блок принятия решений), база данных, база моделей, база знаний, блок управления реагированием на нештатные ситуации.

Для обеспечения гибкости системы данные в БД и БЗ пополняются в процессе функционирования (подсистема обучения), обеспечивается возможность ввода в систему дополнительных алгоритмов, методов, описание ситуаций, а также ввода известных статистик по принятым решениям в уже известных ситуациях. Пополняются типы, размерности, диапазоны временные и значений параметров, характеризующих текущее состояние СТК.

Для непосредственной информационной поддержки принятия решений оператором при возникновении нештатных ситуаций в процессах подготовки и эксплуатации СТК информация о ходе работ, интегральные данные о текущем состоянии компонентов СТК и обслуживающих систем постоянно поступают в базу данных СППР, производится распознавание ситуаций и занесение их индексов в базу знаний. На основе этих индексов, а также временных характеристик и коэффициентов относительной важности ситуаций, формируются оценки, выявляются не-



штатные ситуации, генерируется вариант(ы) разрешения ситуаций, который определяет относительную последовательность разрешения ситуаций с учетом их важности и срочности. В особых случаях включаются автоматические заранее определенные процедуры реагирования и оповещений. В случаях достаточности временных ресурсов на парирование нештатной ситуации, после их оценки, оператор вводит индекс наиболее важной ситуации в базу данных. По индексу ситуации формируются гипотезы о возможных решениях. На основе индексов гипотез формируются оценки достоверности гипотез, критериальные оценки возможных вариантов реагирования (рекомендации по принятию решения). Вводя команды управления, оператор выбирает вариант парирования нештатной ситуации.

Проблемы автоматизированного диагностического комплекса для комплексной оценки состояния системы и ее компонентов и выявления нештатных ситуаций и выбора варианта реагирования, решаемые аналитическим модулем СППР, достаточно трудоемки. Решаются эти задачи, как правило, методами декомпозиции, аналогично методам системного анализа [4,7]. Выбор варианта из множества альтернатив, оценка правдоподобности выявления нештатной ситуации проводится по различным критериям оптимальности [8] (по функциям полезности [5]).

Многокритериальные оценки используются как при функционировании ИАСУ (в СППР), так и при проектировании компонентов системы, а также при эксплуатации ИАСУ, для оценки целостности системы (для контроля уровня параметров системы и, при необходимости, в процессах восстановления их заданных значений для предотвращения деградации значимых характеристик системы).

Автоматический запуск процедур парирования реализуется в ситуациях априорно известных и однозначно диагностируемых. В ряде случаев искомые решения многовариантны, требуют компромисса и участия в выборе лица, принимающего решения (ЛПР). Такие случаи возникают, когда нештатные ситуации не были известны априорно или происходит наложение ситуаций. В СППР закладываются возможности генерации вариантов реагирования в неполностью определенных ситуациях (в частности, по принципу «аналогий»).

В процессе решений многокритериальных задач ЛПР информационно поддерживается автоматическим формированием набора предпочтений решений X (из множества X), который отражается функцией полезности $F(X)$. Функция полезности $F(X)$ представляется в виде либо линейной скалярной свертки частных критериев $f_i(x)$

$$F(X) = \sum_{i=1}^m a_i f_i(x), \quad (1)$$

либо в виде мультипликативной свертки

$$F(X) = \prod_{i=1}^m f_i^{a_i}(x). \quad (2)$$

В выражениях (1) и (2) a_i - весовые коэффициенты, которые могут определяться либо экспертным путем, либо исходя из анализа предъявляемых требований к параметрам (поведению параметра), описываемых кри-

териями $f_i(x)$, либо являются коэффициентами регрессии, имеющими смысл частной производной критериальной функции $f_i(x)$, вычисленной в базовой рабочей точке («чувствительность критерия к изменению учитываемого параметра»).

При проектировании ИАСУ, при поддержке целостности системы в процессе эксплуатации используется мультипликативная свертка, а в СППР при функционировании ИАСУ в различных ситуациях используются оба вида функции полезности.

Заключение

Применение на практике при создании ИАСУ новых способов организация информационных обменов и интеграции данных системы, моделей оптимизации и поддержки принятия решений позволяет значительно улучшить качество работ по подготовке и эксплуатации СТК.

Предложенная СППР позволяет производить выбор алгоритма для решения задачи многокритериальной оптимизации при поддержке управляющих решений. Пополнение данных БД и БЗ СППР позволяет значительно наращивать эффективность ИАСУ.

Литература

1. Меньшиков В.А. Полигонные испытания. Книга I. М.: «КОСМО», 1997.
2. Меньшиков В.А. Полигонные испытания. Книга II. М.: «КОСМО», 1999.
3. Олейник И.И., Суворов А.В., Пискунов А.А. Натурная отработка сложных технических комплексов. М.: Наука, 1990.
4. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973.- 344 с.
5. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. – М.: «Наука», 1978. – 352 с.
6. Цимбал А.А., Алешина М.Л. Технологии создания распределенных систем. Для профессионалов. — СПб.: Питер, 2003.
7. Рыков А.С. Модели и методы системного анализа: принятие решений и оптимизация. – М.: «МИСИС», Изд. Дом «Руда и металлы», 2005. – 352 с.
8. Ларичев О.И. Теория принятия решений. –М.: Логос, 2000. – 296 с.
9. Лисянский К. Архитектурные решения и моделирование хранилищ и витрин данных // Директор информационной службы. 2002. № 3.
10. Везенов В.И., Светников О.Г., Тимашев А.В., Иванов А.В. Опыт создания систем автоматизации испытаний систем измерения и электроиспытаний изделий ракетно-космической техники. – М.: «ОКБ МЭИ», «Радиотехнические тетради», № 33, 2006.
11. Везенов В.И., Новиков Ю.А., Пресняков А.Н., Светников О.Г., Хлебников Н.Ю. Способ информационного обмена между базами данных информационных систем и система для его осуществления. Патент РФ № 2351010, 27.03.2007.
12. Везенов В.И., Марченков Р. Е., Новиков Ю.А., Пресняков А.Н., Форсов Г. Л. Способ передачи информации по каналам связи в реальном времени и система для его осуществления. Заявка на патент РФ № 2009128929/09(040205) от 27.07.2009.