

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ОБЪЕКТОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

© 2007 г. П.И. Николас

При разработке сложных радиотехнических изделий возникает задача построения моделей разной степени детализации. Процесс моделирования начинается с разработки общей функциональной модели изделия, моделей объектов взаимодействия, а также модели внешней среды, в которой они функционируют. На основе обобщенной модели изделия, а также основных условий его эксплуатации возможно разрабатывать алгоритмы функционирования изделия в различных режимах. Проверка этих алгоритмов дает возможность устранять неточности и возможные ошибки, а также обоснованно формировать технические задания разработчикам отдельных блоков и узлов изделия с учетом статистических оценок некоторых параметров.

Целью данной работы является построение имитационной модели сложной распределенной радиотехнической системы, позволяющей:

- обоснованно формировать задания на разработку отдельных блоков;
- с помощью специализированных программ моделирования и анализа уточнять структуру и состав блоков и получать их уточненные цифровые модели;
- рассчитывать статистические характеристики, получить которые невозможно в ходе физических измерений;
- в значительной мере заменить натурные испытания изделия проведением вычислительных экспериментов.

Состав имитационной модели. Рассмотрим распределенную радиотехническую метасистему  $S(S^O, S^P)$ , где макросистемы  $S^O$  и  $S^P$  являются системами, конкурирующими за информационные ресурсы системы  $S$  (рис.1).

В состав макросистемы  $S^O$  входят микросистемы  $O_i$ , ( $i=1-10$ ), являющиеся источниками информации. Индекс означает классы объектов, различающиеся по своим динамическим и радиотехническим характеристикам. В каждом классе может быть до 10 объектов обладающими своими индивидуальными характеристиками.

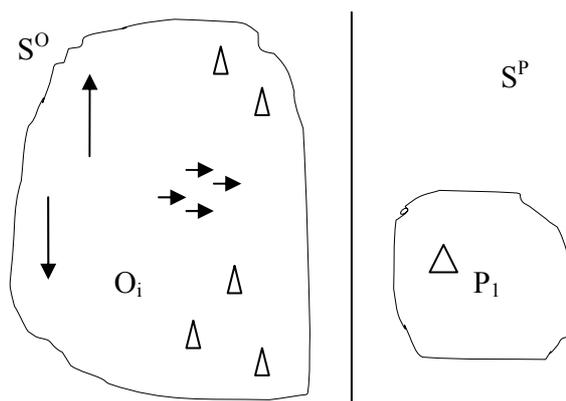


Рис.1. Схема распределенной радиотехнической системы

В состав макросистемы  $S^P$  в общем случае также входит несколько классов объектов. В данном случае будем рассматривать вырожденный вариант –  $P_j$  ( $j=1$ ).

Каждый из объектов метасистемы  $S$  имеет заданное исходное состояние и алгоритм работы, включая различные режимы (объекты одного класса могут иметь до 6 режимов работы). Переключение режимов может осуществляться как автоматически по заданному алгоритму, так и вручную оператором объекта.

Среда функционирования системы  $S$  представляет собой область трехмерного пространства с единой системой координат. Свойства пространства оказывают преобразующее воздействие на информацию, при этом учитывается влияние подстилающей поверхности и характеристики атмосферы.

Для имитационного моделирования взаимодействия объектов распределенной радиотехнической системы требуется построение:

- модели внешней среды взаимодействия распределенной системы объектов;
- модели всех объектов–участников взаимодействия в рамках системы  $S$  с учетом их динамики, режимов работы и внутренней структуры;
- укрупненных алгоритмов обработки информации в отдельных блоках объектов, являющихся их структурными частями;
- модели обмена информацией между объектами системы;
- форматов отображения информации – имитаторов приборных панелей, экранов, индикаторов и т.д.;
- интерфейса оператора, управляющего работой объекта в полуавтоматическом и ручном режимах;
- системы сбора результатов и анализа проводимых экспериментов.

Модели различных классов, однородных по динамике, составу радиотехнических параметров, режимам работы могут использовать универсальные алгоритмы обработки.

Имитационное моделирование объекта есть исследование его поведения, определение временных зависимостей переменных, характеризующих состояние объекта, при подаче на входы любых заданных потоков информации. Выбор шага моделирования является одной из наиболее важных задач при построении имитационной модели системы. Как правило, он выбирается исходя из минимального значения времени обработки входного сигнала в различных объектах взаимодействия. В данной имитационной модели в качестве шага моделирования выбран шаг дискретизации входного сигнала при обработке его в аппаратуре объекта  $P_1$ . Обработка суммарного сигнала макросистемы  $S^O$  ведется порциями по времени, являющимися тактом работы одного из объектов класса  $i - O_i$ .

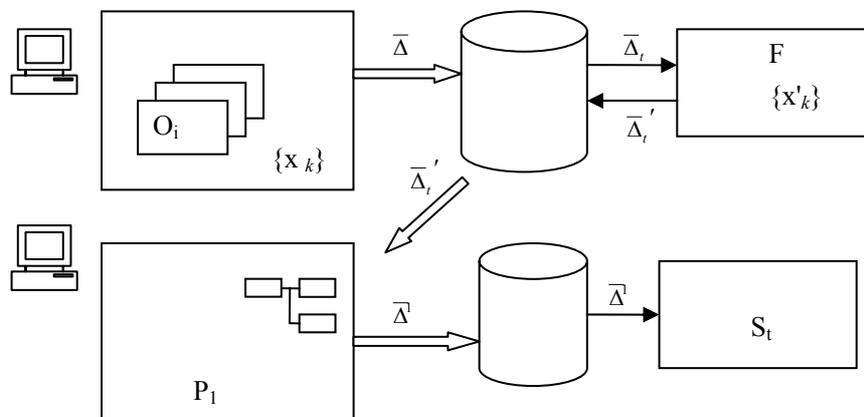
При разработке изделия на предварительном этапе не ставится задача моделирования в режиме реального времени, что при построении имитационной модели функционирования сложной распределенной радиотехнической системы позволяет в обоснованных случаях применять упрощения, не влекущие за собой качественных изменений в поведении объекта. С другой стороны, такая постановка дает возможность применять достаточно полные аналитические модели отдельных узлов и блоков.

Организация взаимодействия объектов системы. При моделировании объекта  $P^1$ , его узла или блока все остальные объекты взаимодействия системы  $S$  формируют суммарное входное воздействие, которое сохраняется в виде записей определенной структуры  $\bar{\Delta}$  в базе данных (БД) внешней обстановки. Извлечение этой информации для обработки производится с помощью запросов в БД и выборке всех записей  $\bar{\Delta}_i$ , относящихся к заданному диапазону времени (рис.2).

Суммарное входное воздействие поступает для обработки на вход имитационной модели внешней среды, где происходит его корректировка с учетом:

- динамики взаимодействия объектов, включающей изменения взаимного положения объектов в пространстве, смены режимов работы, статистических зависимостей некоторых параметров;

- вариантов модели внешней среды, таких как изменения параметров внешней среды в зависимости от характеристик подстилающей поверхности, затухание радиоизлучения, учет кривизны Земли и т.д.



**Рис. 2.** Схема информационного взаимодействия имитационной модели (F – модель среды взаимодействий, S<sub>t</sub> – статистическая обработка)

Процесс формирования суммарного воздействия и его последующая обработка могут быть представлены в следующей форме:

$$\bar{\Delta}_i = O_i(x_k) \Rightarrow F(\bar{\Delta}_i) = \bar{\Delta}'_i,$$

где  $x_k$  – координаты исходных векторов состояния,  $k=1, \dots, n$ .

Откорректированное суммарное внешнее воздействие является входным параметром для имитационной модели объекта  $P_1$ , где его обработка осуществляется в соответствии с моделью режима работы, состава структурных блоков, внешних прерываний оператора и других условий. Результаты моделирования, которые можно представить в виде  $P_1(\bar{\Delta}'_i) = \bar{\Delta}^1$ , сохраняются в базе данных объекта и составляют исходный материал для последующего анализа, в том числе с помощью специальных программ.

Организация моделирующего программного обеспечения в виде отдельных приложений (в одном из них строится имитационная модель внешней среды и объектов взаимодействия, а в другой – модель разрабатываемого изделия) позволяет независимо управлять их работой в интерактивном режиме.

В процессе решения задачи имитационного моделирования взаимодействия объектов распределенной радиотехнической системы были получены следующие результаты:

- разработана модель структуры сигнала объектов  $O_i$  для различных режимов их работы;
- определен состав и структура записей в БД внешней обстановки;
- разработаны временные диаграммы формирования запросов в БД в соответствии с режимами работы объекта  $P_1$ ;
- разработана программа оптимальной оцифровки информации о работе макетов конкретных узлов объекта  $P_1$  и на ее основании проведено уточнение аналитических моделей этих узлов;
- разработан комплекс программ модели взаимодействия метасистемы  $S$  и объекта  $P_1$  в виде двух независимо работающих приложений с возможностью управления объектами взаимодействия в интерактивном режиме.

Развитие имитационных моделей. Результатом имитационного моделирования является:

- отлаженный алгоритм обработки входного сигнала;
- проверка оптимального состава команд взаимодействия между блоками объекта;
- проверка работоспособности выбранного алгоритма рабочего режима;
- отладка интерфейса взаимодействия оператора с системой управления.

Имитационная модель, построенная на первоначальном этапе разработки, дает возможность обосновать требования к отдельным узлам и блокам объекта, определить интенсивность внешнего воздействия, диапазоны его параметров, внести при необходимости изменения в структуру и алгоритмы обработки, а также обеспечить предварительную отладку специального программного обеспечения объекта.

При разработке отдельных блоков объекта требуется применение специализированных пакетов моделирования, позволяющих учесть не только основные конструктивные параметры, но и провести необходимые прочностные, теплофизические, динамические, кинематические, топологические и прочие расчеты, позволяющие уточнить структуру и состав блока. В результате модель блока будет уточняться. Созданные макеты блоков в некоторых случаях дают возможность заменить исходные модели цифровыми моделями, отражающими поведение реального объекта.

Основной задачей имитационного моделирования является обеспечение полунатурных испытаний разрабатываемого изделия. Применение уточненных

моделей с учетом поведения реальных блоков обеспечивает адекватность поведения объекта в имитационной модели сложной распределенной радиотехнической системе.

### Выводы

Проведенная работа дала возможность:

- определить загрузку пространственных и частотных каналов приемного устройства изделия;
- определить оптимальный состав управляющих параметров для системы автоматического управления изделием;
- с помощью специализированных программ обосновать структуры отдельных узлов и блоков изделия, что позволило корректно сформировать технические задания на их разработку;
- показать работоспособность и отладить алгоритм работы системы автоматизированного управления в различных режимах работы изделия.

Процесс построения имитационной модели сложной распределенной радиотехнической системы – это итерационный процесс, позволяющий с высокой точностью отразить свойства создаваемого изделия и обеспечить проведение его имитационных испытаний, по своей точности приближенных к натурным. Дальнейшее развитие имитационного комплекса может быть направлено на интеграцию математических моделей и аппаратных средств.

### Литература

1. *Норенков И.П., Кузьмик П.К.* Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
2. *Чебраков Ю.В.* Теория оценивания параметров в измерительных экспериментах. СПб: Изд-во СПбГУ, 1997.
3. *Ивановский Р.И.* Компьютерные технологии в науке и образовании. Практика применения систем Mathcad Pro. Учеб. Пособие. М.: Высшая школа, 2003.
4. Отчет о моделировании работы систем и их взаимодействия в изделии (формирование базовой структуры ПО). ПЗ, 2004.