

А. А. ЛЯМКИН, Н. П. МИКУЛЕНКО, Т. Ф. ТРЕВГОДА

ЯЗЫК ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Предлагается объектно-признаковый язык описания структуры пространственного размещения, характеристик и информационных связей сложных технических систем. Представлены алгоритмы обработки информации и модели функционирования систем с использованием объектно-признакового языка.

Ключевые слова: техническая система, объектно-признаковый язык, описание, структура, алгоритм.

Введение. Цели функционирования сложных технических систем (СТС) достигаются только благодаря управлению. В основе алгоритмов управления лежат правила поведения системы и ее компонентов, приводящие к достижению заданной цели. Алгоритмы управления СТС, составной частью которых являются алгоритмы обработки информации, реализуются в виде функционального программного обеспечения (ФПО) комплексов управления. В конечном счете ФПО определяет эффективность функционирования систем.

Правила поведения системы (иначе, правила управления, правила боевого использования, правила обработки информации) формулируются ее заказчиком на естественном языке в терминах конкретной предметной области, а их реализация в виде ФПО осуществляется исполнителем. Вербальность технического задания на создание ФПО часто ведет к разному пониманию заказчиком и исполнителем одних тех же задач, что, как известно, приводит к длительному и дорогостоящему процессу отладки системы, а нередко и к невозможности реализации ее проекта.

Синтаксис и семантика языка. Для формализации описания СТС, включая процессы ее функционирования и управления, а также для формулирования технического задания на ФПО в целях его однозначного толкования заказчиком и исполнителем может служить объектно-признаковый язык — некий метаязык, который является промежуточным между вербальным языком и языками программирования высокого уровня.

Для понимания сути языка достаточно рассмотреть лишь его синтаксис и семантику. Можно считать, что каждый конкретный объект X принадлежит к определенному множеству (типу) объектов ($T.X$). Любой объект этого множества характеризуется номером, иначе говоря, именем конкретного экземпляра ($N_T.X$) и целым набором других признаков, которые перечисляются в квадратных скобках после имени объекта ($T.X [N_T.X\dots]$). Объекты и их признаки обозначаются на латинице начальными буквами терминов языка предметной области и общепринятых физических величин.

Существуют признаки числовые (например, D — дистанция, V — скорость, U — угол) и нечисловые (например, TC — тип цели, PH — признак высоты). Если признак объекта характеризуется только одним членом некоторого множества, то все члены множества перечисляются в фигурных скобках (например, $TC: \{C, W, R\}$, где C — самолет, W — вертолет, R — ракета). Если признак объекта характеризуют все члены множества, то они задаются кортежем в угловых скобках (например, $GR: \langle LX, LY, LZ \rangle$, где GR — геометрические размеры объекта вдоль осей его симметрии).

Признаки бывают зависимыми и независимыми. Зависимость (функция) одного признака от другого указывается в круглых скобках (например, $E(D)$ — энергия или мощность E принимаемого излучения зависит от дальности D до источника излучения). Описание типа

любого объекта X можно рассматривать как таблицу, где в первой графе указывается его имя $T.X$, а в последующих графах — все остальные признаки.

Для описания информационных связей между объектами служат входные и выходные формуляры обмена информацией ($F.$) с расширением по имени объекта. Чтобы различать входные и выходные формуляры одного и того же объекта, для входного формуляра вводится дополнительное расширение U (управляющий), а для выходного — I (информирующий). При однозначном понимании, о каком формуляре идет речь (например, при последовательном соединении объектов) необходимость в дополнительном расширении отпадает. Различие между типами объектов $T.X$ [...] и формулярами $F.X$ [...] заключается в том, что признаки в формулярах являются переменными величинами, а в типах объектов — постоянными.

Между признаками могут устанавливаться различные соотношения, принятые в математике и языках программирования высокого уровня (например, $+$, $-$, $:$, $/$, $=$, \neq , $>$, \geq , $<$, \leq , \approx , SQRT, SIN, SGN и т. п.). Это позволяет описывать процессы функционирования СТС и алгоритмы обработки информации и управления.

Описание структуры СТС. Любая СТС в обобщенном виде может быть представлена совокупностью (рис. 1) таких взаимосвязанных средств, как:

SZ — средства технического зрения, с помощью которых система получает информацию о состоянии других взаимодействующих с ней систем;

SV — средства информационного и/или материального воздействия на другие СТС;

KU — комплекс (средство) управления;

SO — оператор системы;

SD — средство доставки (носитель) всех других средств.

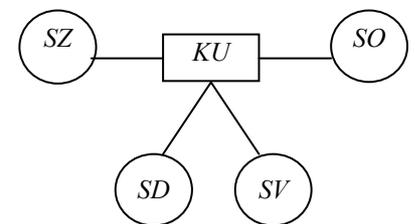


Рис. 1

Эти пять взаимосвязанных средств представляют собой ядро, которое может быть использовано как для построения блочной модели структуры СТС, так и для формализованного ее описания. Отметим, что на любом уровне иерархии системы обязательным является лишь наличие комплекса управления.

Так, описание батареи самоходных зенитных комплексов может быть представлено в виде двух строк (по числу уровней иерархии):

$$T.KG [N_T.KG, N_T.SZ, N_T.KU, N_T.SD, QL, N_T.KL];$$

$$T.KL [N_T.KL, N_T.SZ, N_T.KU, N_T.SD, QSV, N_T.SV],$$

где первая строка описывает тип группы $T.KG$ (батарея), а вторая — тип входящих в ее состав локальных зенитных комплексов ($T.KL$).

Описание батареи включает в себя: $N_T.KG$ — номер батареи, количество (QL) и название ($N_T.KL$) подчиненных зенитных комплексов; в описании зенитного комплекса ($T.KL$) содержится его имя ($N_T.KL$), количество (QSV) и имя ($N_T.SV$) средств воздействия (артиллерийских или ракетных установок). Кроме того, и в описании батареи, и в описании зенитного комплекса содержится имя средств технического зрения ($N_T.SZ$), имя комплекса управления ($N_T.KU$) и имя средства доставки ($N_T.SD$).

Описание пространственного размещения СТС. Тип пространственного размещения $T.RX$ любого объекта (системы, комплекса или их составной части) относительно заданной (реперной) точки в общем случае характеризуется его координатами (X, Y, Z), скоростью (V) и направлением движения объекта в горизонтальной (EZ) и вертикальной (EY) плоскостях неподвижной декартовой системы координат:

$$T.RX [N_T.RX, X, Y, Z, V, EZ, EY].$$

При неподвижном объекте углы EZ и EY определяют его пространственную ориентацию. Тип размещения отдельного средства СТС характеризуется координатами относительно

геометрического центра носителя. Тип размещения является важной характеристикой начальных условий функционирования системы.

Описание характеристик отдельных средств СТС. При описании конкретных образцов средств системы (обнаружителей, носителей и др.) следует исходить из обобщенного описания каждого средства, что ведет к единообразию описаний и позволяет выявить или не упустить существенные детали. При этом важно иметь представление о том, для каких целей будет использоваться данное описание. Каждый объект в целом обладает и функциональными, и конструктивными, и экономическими характеристиками. Однако при решении разных по целям задач эти характеристики используются порознь.

Например, описание характеристик такого средства технического зрения, как обзорная РЛС с антенной решеткой, с точки зрения функциональности средства может быть представлено в виде

$$T.SZ [N_T.Z, QM, DM, DH, T, IK:<K, M, D>, TD, TE],$$

где QM — максимальное число сопровождаемых целей, DM и DH — минимальная и максимальная дальности обнаружения соответственно, T — период обзора, $IK:<K, M, D>$ — измеряемые координаты целей (соответственно K — курсовой угол, M — угол места, D — дальность), TD — точность измерения дальности, TE — точность измерения углов.

В функциональном описании $T.SZ$ отсутствуют массогабаритные, стоимостные или эксплуатационные характеристики. Степень подробности такого описания зависит от целей его дальнейшего использования.

Описание информационных связей СТС. На рис. 2 показаны информационные связи комплекса управления KU с другими средствами системы и с надсистемой. Связи представлены в виде формуляров обмена информацией. Их совокупность образует информационную модель системы.

Например, информирующий формуляр радиолокационного обнаружителя имеет вид

$$F.ZI [LC, N_C, K, M, D],$$

где LC — количество сопровождаемых целей, N_C — номер цели в нумерации данного обнаружителя.

Управляющий формуляр носителя (SD) имеет вид

$$F.DU [V, EZ, EY].$$

Аналогичным образом могут быть описаны и все другие связи.

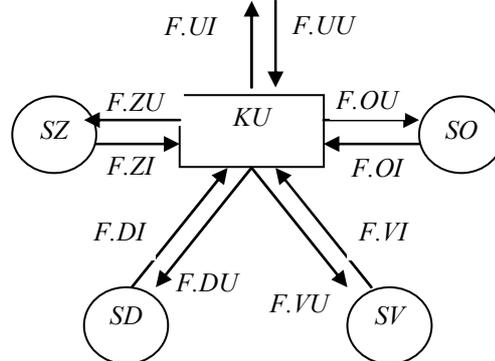


Рис. 2

Описание процессов функционирования СТС. Информационная модель объекта может служить для системного описания процесса его функционирования. Модель (алгоритм) функционирования какого-либо подвижного объекта (системы) $M.X$ может быть представлена в виде преобразования информации из входного формуляра $F.XU$ в выходной $F.XI$ в соответствии с характеристиками объекта, задаваемыми его типом $T.X$ и типом его размещения $T.RX$:

$$M.X = F.XU \xrightarrow{T.X \& T.RX} F.XI.$$

В общем случае число входных и выходных формуляров не ограничено. Например, модель комплекса управления СТС (см. рис. 2) можно записать как

$$M.KU = F.ZI \& F.OI \& F.DI \& F.VI \& F.UU \xrightarrow{T.KU} F.ZU \& F.OU \& F.DU \& F.VU \& F.UI.$$

Для представления алгоритмов обработки информации и моделей функционирования систем с использованием объектно-признакового языка может служить улучшенная авторами форма структурограмм [1].

Функциональное программное обеспечение комплекса управления *KU* любой СТС включает в себя две группы программ: 1) программы обработки информации и 2) программы выработки команд управления. К 1-й группе относятся программы отождествления объектов, их классификации, преобразования координат, расчета характеристик взаимного положения объектов и др. Для примера рассмотрим упрощенный алгоритм отождествления воздушных целей (объектов), реализуемый в ФПО корабельного комплекса радиоэлектронного подавления (РЭП) противника.

Надводный корабль обнаруживает цели с помощью РЛС, аппаратуры обнаружения лазерных излучений и станции радиотехнической разведки. Информация о радиолокационных (*F.RL*), лазерных (*F.OL*) и радиотехнических (*F.RT*) целях в виде входных формуляров поступает на вход программных средств комплекса РЭП:

$$\begin{aligned} F.RL[LC, N_C, KR, MR, TER, DR]; \\ F.OL[LL, N_L, KL, ML, TEL]; \\ F.RT[LT, N_T, KT, MT, TET]. \end{aligned}$$

В формулярах обозначено: *LC, LL, LT* — количество целей; *N_C, N_L, N_T* — номера целей; *KR, KL, KT* — курсовые углы; *MR, ML, MT* — углы места; *TER, TEL, TET* — точность измерения углов соответственно радиолокационных, лазерных и радиотехнических целей; *DR* — дистанция до радиолокационной цели.

Другая информация, имеющаяся в этих формулярах, но не используемая в алгоритме отождествления, не приведена.

Поскольку расстояния между обнаружителями корабля весьма малы по сравнению с расстояниями до целей, отождествление производится в сферической системе координат [2]. Будем считать, что обзорная РЛС, в отличие от аппаратуры обнаружения лазерных излучений и станции радиотехнической разведки, обнаруживает все существующие цели с большей точностью. Задача программы отождествления состоит в том, чтобы определить, какую цель видят все три обнаружителя, два или один. Это необходимо знать в дальнейшем для назначения средств противодействия. Отождествление можно проводить только по курсовым углам целей ввиду их рассредоточения, превышающего угол места, и большей точности обнаружителей по горизонту.

Алгоритм отождествления приведен на рис. 3. Формуляры обнаружителей показаны в блоке исходных данных. Сначала за счет перебора целей (путем организации цикла в цикле) производится попарное сравнение курсовых углов радиолокационных и лазерных целей. При их совпадении вырабатывается признак отождествления $PO = \langle RL + OL \rangle$ (цели радиолокационная и лазерная одновременно), а при несовпадении — $PO = RL$ (цель только радиолокационная). Как только угол *KR* какой-либо радиолокационной цели совпадет с углом *KL* лазерной цели, перебор последних прекращается за счет присвоения лазерной цели *N_L* значения *LL*, заполняется промежуточный формуляр отождествления *F.OP* и производится переход к сравнению следующей радиолокационной цели со всеми лазерными. По окончании операций сравнения в формуляре *F.OP* указывается общее число радиолокационных целей. Затем аналогичные действия производятся уже при сравнении курсовых углов радиотехнических целей и целей, характеристики которых были записаны в формуляре *F.OP*. В результате сравнения

всех целей признаки отождествления записываются в окончательный формуляр отождествления ($F.O$), в котором указывается общее число целей LC , и на этом алгоритм заканчивается.

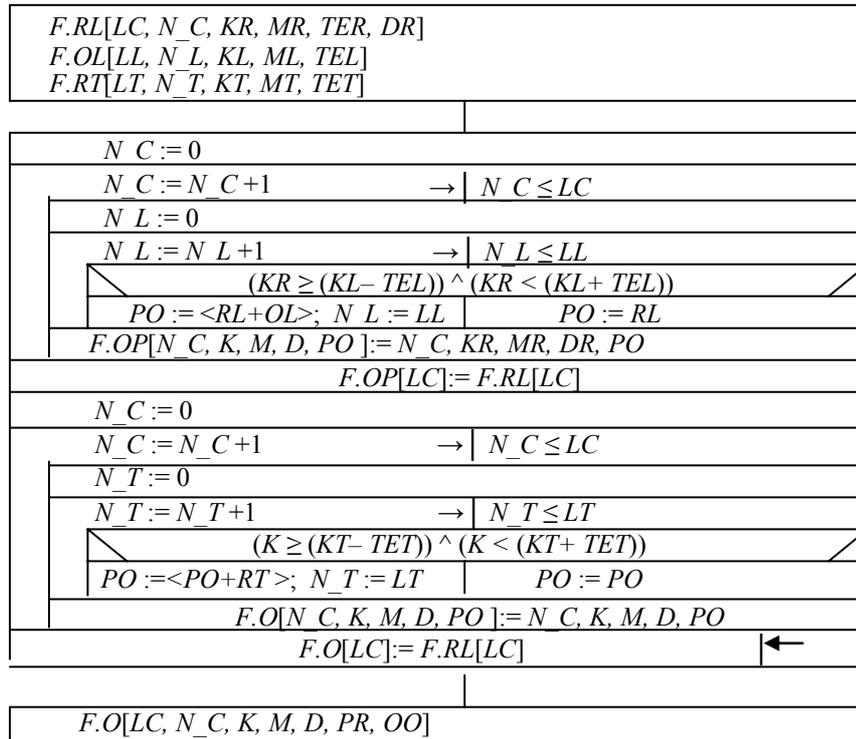


Рис. 3*

Заключение. Объектно-признаковый язык позволяет в формализованном виде описать структуру сложной технической системы, ее пространственное размещение, характеристики составляющих систему компонентов, внутренние и внешние информационные связи, а также модели функционирования и алгоритмы обработки информации и управления, что способствует лучшему взаимопониманию между специалистами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жарковский А. В., Лямкин А. А., Микуленко Н. П. Структурограммы на основе объектно-признакового языка // Программная инженерия. 2012. № 4. С. 23—27.
2. Лямкин А. А. Алгоритмы отождествления подвижных объектов // Изв. вузов. Приборостроение. 2004. Т. 48, № 12.

Сведения об авторах

- Александр Анатольевич Лямкин** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет „ЛЭТИ“, кафедра систем автоматического управления; E-mail: alex-ljamkin@yandex.ru
- Николай Павлович Микуленко** — канд. техн. наук; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет „ЛЭТИ“, кафедра систем автоматического управления; E-mail: nmikulenko@yandex.ru
- Татьяна Федоровна Тревгода** — канд. техн. наук; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет „ЛЭТИ“, кафедра систем автоматического управления; E-mail: tat.trevgoda@yandex.ru

Рекомендована кафедрой
систем автоматического управления

Поступила в редакцию
20.11.12 г.

* Знак „:=“ на рис. 3 соответствует операции присвоения.