

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИЕРАРХИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Р.В. Мещеряков

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

E-mail: office@security.tomsk.ru

Рассматриваются общие подходы к построению информационных иерархических систем. Проводится классификация систем и предлагается использование иерархии уровней представления информации в них. Выделяются основные проблемы представления и обработки информации. Сформулированы базовые направления исследования информационных диалоговых систем.

Ключевые слова:

Иерархические системы, обработка информации.

Введение

Ряд информационных систем строится как человеко-машинные, работающие в режиме диалога. Основным назначением данного класса систем является обеспечение обмена информацией между абонентом и вычислительной системой.

Обработка информации в диалоговых системах сопряжена с проблемами, связанными, прежде всего, с ее представлением в них. Как правило, информация (с некоторой долей условности можно определить ее как знания) в подобных системах представляет собой иерархию взаимосвязанных элементов.

Целью настоящей работы является построение формальной модели диалоговой системы и определение возможных путей реализации. При этом необходимо провести анализ представления и преобразования информации в иерархических системах [1].

Анализ диалоговых систем

Диалоговые системы обладают рядом особенностей, требующих детального учета при формировании функции обработки информации. Очевидно, что диалоговые системы обладают различными свойствами назначения, построения и т. п.

Отличительной особенностью всех диалоговых систем является обмен информацией (в общем случае знаниями) и наличие целей собеседников и общей системы. Таким образом, получаем систему:

$$S = \langle A, B, C, G \rangle, \quad (1)$$

где A, B — участники диалога; C — канал обмена информацией; G — цель диалога.

Очевидно, что в свою очередь все элементы системы S имеют различные характеристики, внутреннюю структуру и могут формировать требования к построению системы обработки информации. Особый интерес при обработке информации представляют собой автоматические и автоматизированные режимы функционирования диалоговых систем.

Сначала определим наиболее характерные классы диалоговых систем при условиях: участник A — человек, B — автоматизированная система:

1 класс — системы, работающие по вопросно-ответным сценариям, ответы которых определены и формируются из заранее заданного множества ответов. Например, к данному классу относятся системы аутентификации, в которых жестко (однозначно) определены правила ввода информации и признания их действительными.

2 класс — системы, в которых имеется внутренняя обработка данных и формирование ограниченного класса ответов, в том числе с возможностью уточнения и дополнения. Сюда можно отнести системы управления базами данных, позволяющие проводить поиск, формировать консолидированные отчеты, статистики и пр.

3 класс — интеллектуальные системы и системы поддержки принятия решений (экспертные системы). Речевые системы (системы синтеза и распознавания речи, системы машинного перевода и др.) относятся к данному классу.

Отметим, что в приведенных случаях для классификации свойства канала не учитывались. Однако очевидно, что чем сложнее автоматизированная система, тем большие требования предъявляются к каналу передачи информации и/или к системам формирования и обработки сигнала. Так, речевые системы должны, *во-первых*, понимать речь, несмотря на возможные помехи, неточности дикции, отклонения от нормативного синтаксиса, эллиптические конструкции и т. п., и, *во-вторых*, обеспечивать качественную речь, имеющую высокую разборчивость и естественность речевого сигнала.

Человек интегрально использует как языковые знания (фонетика, лексика, синтаксис, семантика, просодия и т. д.), так и неязыковые, т. е. знания предметной области диалога. Основной психоакустической характеристикой речи является ее разборчивость, т. е. степень правильного восприятия звуков, слов и смысла речи. Максимальная разборчивость характерна для восприятия связной речи — фразовая разборчивость [2]. Если человек воспринимает изолированные слова, процент разборчивости оказывается меньше. Она еще больше снижается при восприятии изолированных фонетических элементов речи типа слогов.

Большинство подходов обработки речи основано на последовательном распознавании слов и синтаксическом разборе. Опыт лингвистов показывает, что человек вначале схватывает смысл фразы и только затем приступает к задаче понимания речи, которая часто рассматривается как процедура, независимая от этапа распознавания. Эта точка зрения, естественно, приводит к слабым результатам. Из теории речевосприятия [2] становится очевидным, что распознавание и понимание — две тесно связанные процедуры, которые интегрированы в процесс диалога.

Таким образом, требуется построение иерархических структур представления и обработки информации, которые удовлетворяли бы критериям качества: надежности, управляемости, быстродействия и др.

Сформируем иерархию обработки информации, рис. 1. Данная схема отражает общий порядок передачи информации от одного участника диалога к другому: сначала определяется назначение передачи информации, затем формируется цель, которая выражается в определенных предложениях, и производится формирование сигнала. Сигнал передается в виде физических характеристик от одного участника к другому, в результате чего второй участник получает сигнал и начинает «собирать» назначение, которое хотел передать первый участник.

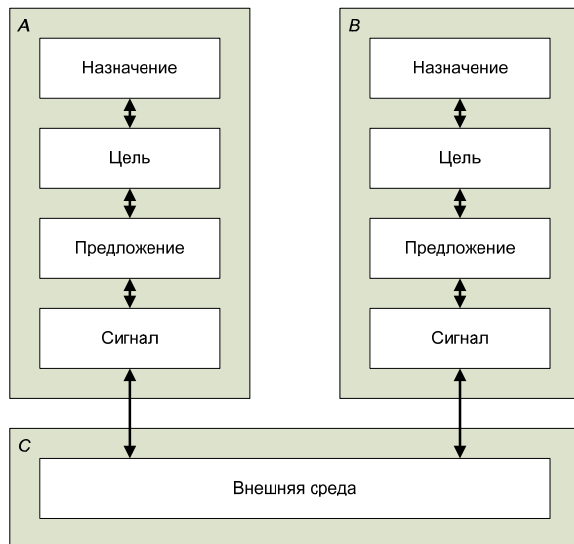


Рис. 1. Схема обмена информацией участников диалога

Очевидно, что на каждом уровне иерархии системы (1) производится обработка информации в соответствующих терминах и шкалах. Каждый элемент выделенных уровней z представляет собой совокупность наименования элемента n и его свойств $\{k_i\}$: $z = \langle n, \{k_i\} \rangle$. Одна из проблем возникает при преобразовании информации с одного уровня на другой, неполное решение которой представлено в [3].

Преобразование шкал в системе

Элементы верхних уровней представляют собой организованную совокупность элементов нижних уровней, которую в дальнейшем будем называть конфигурацией. Определим формально:

$$y_i = \langle \{x_j\}, P \rangle, \quad (2)$$

где y_i — элемент уровня Y , являющийся конфигурацией, $y_i \in Y$, $j \in N$; x_j — элементы нижних уровней, $x_j \in X$, $i \in N$; P — правила формирования конфигурации.

Необходимо отметить, что возможно и обратное преобразование, при котором формируется последовательность элементов низких уровней из конфигурации (элемента) высокого уровня.

$$\{x_j\} = P^{-1}(y_i), \quad (3)$$

где P^{-1} — правила преобразования конфигурации в последовательность элементов.

Оценка качества правил преобразования является одной из актуальных проблем. Одним из способов ее преодоления является решение сначала прямой, а затем обратной задачи преобразования конфигураций. В качестве входных параметров обратной задачи используются решения прямой задачи. Объем пересечения элементами нижних уровней конфигурации до и после преобразования может являться критерием качества обработки. Например, как это делается в машинном переводе — текст переводится сначала с одного языка на другой, а затем обратно.

Следующей оценкой является близость свойств конфигураций, получаемых при обработке последовательности элементов нижних уровней.

Перспективами повышения качества преобразований являются добавление свойств сочетаемости в элементы. Например, это может быть реализуемо с помощью аппарата скрытых марковских моделей или модулей n -грамм.

В ряде систем параллельного решения прямой и обратной задач не требуется, т. к. могут использоваться только однонаправленные функции, например, в системах безопасности при идентификации или аутентификации, в образовательных системах при тестировании и др.

Вычислительная сложность

Обработка информации в иерархической вычислительной системе сопряжена с рядом особенностей. Так, при преобразовании элементов нижних уровней в конфигурацию верхнего уровня с использованием перебора комбинаций получаем вычислительную сложность:

$$C = s(n^k),$$

где n — длина последовательности элементов; k — количество возможных конфигураций; $s()$ — функция сложности.

Данная задача сводима к обходу графа [4] и может быть сокращена за счет формирования конфигураций из более коротких последовательностей

элементов, что описывается в работе [5]. При формировании более коротких конфигураций должно быть увеличено количество уровней иерархии диалоговой системы, что увеличивает глубину перебора. Кроме того, может быть нарушена качественная сторона иерархии диалоговой системы.

Обработка элементов на различных уровнях иерархии имеет различную вычислительную сложность. Очевидно, что элементы на низких уровнях иерархии могут обрабатываться с применением ограниченного числа функций, определенных на данном уровне. С повышением уровня иерархии вычисления становятся менее определенными (вероятностными) и требуют большей детализации свойств каждого элемента.

Временная последовательность и обратная связь

Очевидно, что преобразование информации не только не происходит мгновенно, но и создание конфигурации верхнего уровня возможно только после получения всей последовательности элементов нижнего уровня. На рис. 2 представлена временная диаграмма преобразования информации при передаче информации от A к B при передаче по внешней среде C и в течение времени T . В данном случае на верхнем уровне формируется цель передачи сообщения, затем высказывание и так далее — к нижним уровням (выделены линиями по уровням). Элементы нижних уровней занимают большую длительность времени для выражения конфигураций верхнего уровня. При получении сигнала собеседником B он начинает формировать конфигурации верхнего уровня.

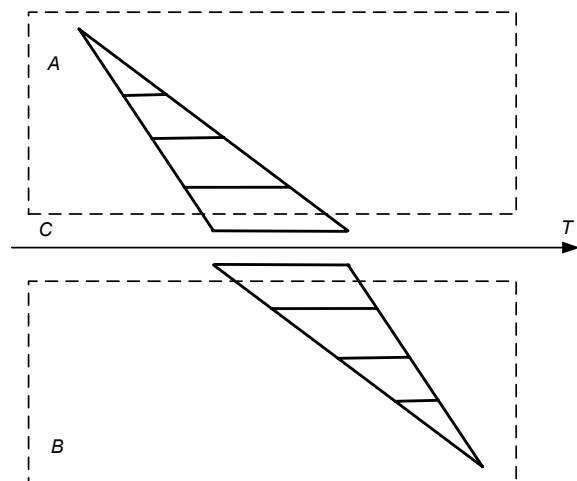


Рис. 2. Временная диаграмма передачи информации

Кроме того, формирование конфигураций и последовательностей элементов включает в себя взаимосвязанные элементы, т. е. образуется обратная связь. Каждая конфигурация верхнего уровня может преобразоваться в последовательность элементов, что в свою очередь совершит обратное преобразование путем формирования конфигура-

ции (2), (3). Это показывает необходимость введения корректирующей обратной связи внутри системы (рис. 3), которая используется и при решении прямой задачи.

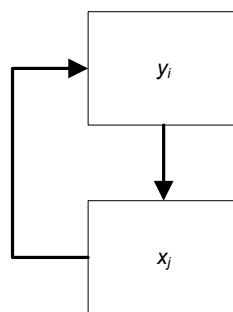


Рис. 3. Взаимодействие элементов разных уровней

Направление движения диалога

Вместе с тем, имеется еще одна немаловажная проблема — единство пространства диалога собеседников. Даже при разговоре двух человек существуют ситуации, когда смысл, вкладываемый человеком в одни слова отличается от смысла, которые им придает другой.

Во многом системы должны моделировать деятельность человека. Следовательно, структура систем будет в некотором объеме подобна тому, как это делает человек. Во-первых, системы имеют ярко выраженную иерархическую структуру, во-вторых, для обработки информации используются два вида правил: внутренние, зависящие от человека (или структуры системы) ограничения, предпосылки и внешние, обусловленные процессом обработки и передачи информации в диалоговой системе (1).

Для решения данной проблемы необходимо использовать обратную связь, например, путем уточнения понятий между собеседниками. Кроме того, во время диалога собеседники преследуют собственные цели.

Несоответствие элементов одних уровней иерархии между различными участниками требует формирования моделей мира путем согласования свойств элементов и правил обработки конфигураций. Так, должны быть внесены изменения в схему на рис. 1.

Таким образом, соответствие уровней в различных стратах согласуется путем задания тезауруса, а при необходимости и онтологии обработки знаний в иерархической системе. С одной стороны это позволяет сформировать общее пространство диалога и вычислять в терминах одного уровня, с другой стороны, это является ограничением по взаимодействию человека с автоматизированной системой.

Критерии оценки

Оценки качества работы иерархических систем (1) должны проводиться, прежде всего, с точки зре-

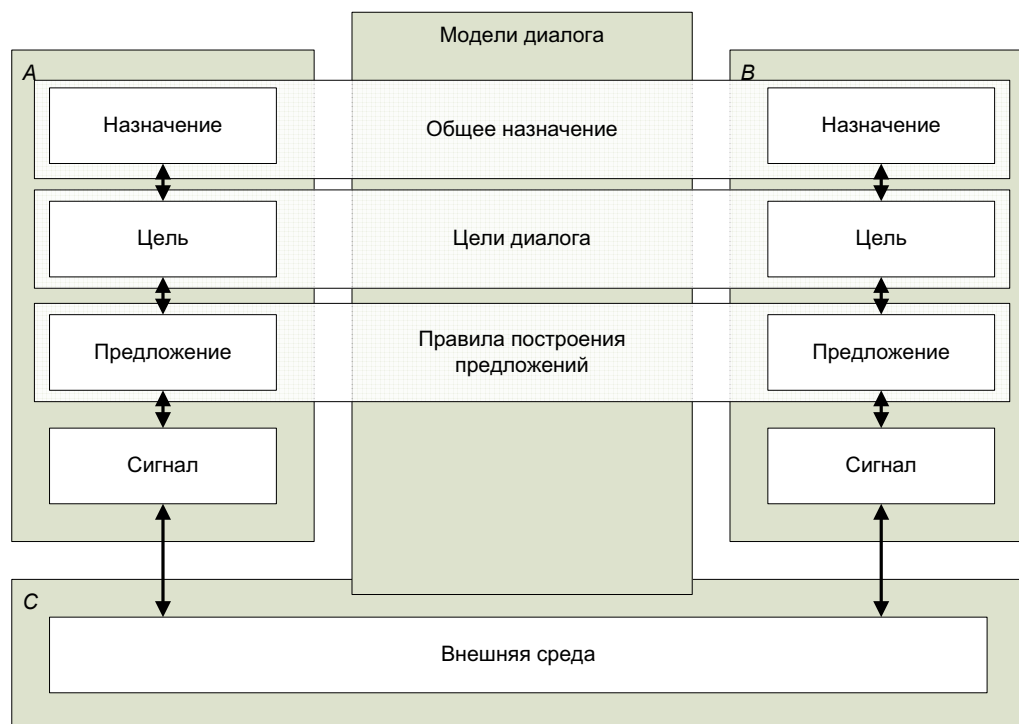


Рис. 4. Схема обмена информацией участников с учетом модели диалога

ния достижения целей создания этой системы. Необходимо использовать иерархию качеств сложной системы. Рассматриваемый тип систем относится к классу решающих, которые должны обладать следующей иерархией [6]:

- *О*-качество (наличие обратной связи), автоматическая система, обладающая свойствами устойчивости, точности и др.;
- *Р*-качество (надежность), система, обладающая свойством структурной устойчивости;
- *І*-качество (помехоустойчивость), включающее свойство кодирования и декодирования;
- *С*-качество – управляемость (поведение).

Роль качеств изменяется с ростом уровня иерархии диалоговой системы. Если на уровне Сигнала, Предложения основную роль играют *О*, *Р*, *І*-качества, то на уровнях Цель и Назначение существенное значение, кроме этих качеств, приобретает *С*-качество.

С учетом разбиения на уровни иерархии обработки сигналов необходимо ввести особое *М*-качество сложных иерархических систем [6]. Оно определяет объем информации, который может обрабатываться на каждом уровне иерархии диалоговой системы, что позволит сократить вычислительную сложность (4).

Заключение

Рассмотренные подходы к диалоговым иерархическим системам позволяют не только определить сферу их применения и обработки информации в них, но и определить пути развития теории и практики автоматизированных диалоговых систем. Предложены критерии качества диалоговых иерархических систем, с помощью которых можно провести их оценку. Перспективным представляется формирование методов и алгоритмов реализации диалоговых систем, основанных на иерархии обработки информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мессарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем / Пер. с англ. под ред. И.Ф. Шахнова. – М.: Мир, 1973. – 311 с.
2. Сорокин В.Н. Теория речеобразования. – М.: Радио и связь, 1985. – 312 с.
3. Мещеряков Р.В., Бондаренко В.П. Формирование переходов в иерархии шкал речевых систем // В сб.: Матер. Международной конференции «Диалог-2003». – Протвино, 2003, – С. 125–127.
4. Воронин А.А., Мишин С.П. Оптимальные иерархические структуры. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 214 с.
5. Маркус С. Теоретико-множественные модели языков / Пер. с англ. М.В. Арапова. – М.: Наука, 1970. – 332 с.
6. Флейшман Б.С. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем. – М.: Советское радио, 1971. – 223 с.

Поступила 10.03.2009 г.