

## **МЕТОД СИНТЕЗА УСЛУГ В ЗАДАЧАХ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕЛЕФОНИИ**

**Abstract:** The opportunity of computer telephony tasks formalization and synthesis of these services "in the air" is analyzed. The main task of these researches is creation of means and the technologies providing universal completeness of synthesized systems at different levels of designing. The method of the big systems decomposition is applied for this purpose to the general task of computer telephony services granting. The method of formal objects synthesis for creation of computer telephony services is offered by means of Petri's network.

**Key words:** computer telephony, synthesis, Petri's network, decomposition, formalization.

**Анонція:** Аналізується можливість формалізації задач комп'ютерної телефонії з метою синтезу послуг, що представляються "на льоту". Головною задачею цих досліджень є створення засобів і технологій, які забезпечують універсальну повноту синтезованих систем на різних рівнях проектування. Для цього до загальної задачі надання послуг комп'ютерної телефонії застосовується метод декомпозиції великих систем. Запропоновано метод синтезу формальних об'єктів для формування послуг комп'ютерної телефонії за допомогою мереж Петрі.

**Ключові слова:** комп'ютерна телефонія, синтез, мережа Петрі, декомпозиція, формалізація.

**Аннотация:** Анализируется возможность формализации задач компьютерной телефонии с целью синтеза предоставляемых услуг «на лету». Главной задачей этих исследований является создание средств и технологий, обеспечивающих универсальную полноту синтезируемых систем на разных уровнях проектирования. Для этого к общей задаче предоставления услуг компьютерной телефонии применяется метод декомпозиции больших систем. Предложен метод синтеза формальных объектов для формирования услуг компьютерной телефонии при помощи сетей Петри.

**Ключевые слова:** компьютерная телефония, синтез, сеть Петри, декомпозиция, формализация.

### **1. Введение**

Компьютерной телефонией называется технология, в которой компьютерные ресурсы (аппаратура и программное обеспечение) применяются для обработки исходящих и входящих сообщений, а также для управления телефонным соединением. К отрасли компьютерной телефонии относятся самые разные технологии: компьютерно-телефонная интеграция, интерактивная обработка голоса, голосовая почта, автосекретарь, распознавание речи, преобразование текста-речи, обработка факсимильных сообщений, обработка звукового сигнала, видеоконференции, аудиотекст, "озвучивание данных", центры телефонного обслуживания, справочные столы, а также традиционная коммутация телефонных вызовов и управление соединением [1].

В настоящее время компьютерная телефония быстрыми темпами развивается во всех развитых странах мира. Среди известных фирм, основной продукцией которых являются аппаратно-программные средства компьютерной телефонии, можно назвать такие фирмы, как Dialogic, VocalTec, AT&T, CISCO и др. Спецификация характеристик средств компьютерной телефонии регламентируется стандартами SCSSA (Signal Computing System Architecture), H.320 и H.323. SCSSA [2] – это стандарт, регламентирующий аппаратное и программное обеспечение, в то время как H.320 и H.323 [3] регулируют технические детали обмена данными.

К сожалению, в Украине научно-прикладные исследования в этой области ведутся недостаточно интенсивно. Одна из первых отечественных разработок выполнена в 1993 году в Институте кибернетики НАН Украины [4]. На рис. 1 показано фото опытного образца платы компьютерно-телефонной интеграции. В последующие годы на основании этой платы был разработан четырехканальный интеллектуальный контроллер со встроенным процессором цифровой обработки сигналов. Дальнейшие исследования в этой области были связаны с созданием инструментального комплекса для разработки требуемых приложений. Однако скоро

выяснилась необходимость реализации функционально полной системы, что обуславливает проведение глубоких исследований для создания теоретико-прикладной платформы синтеза требуемых решений. В данной статье описываются результаты исследований, посвященных синтезу функционально полного набора объектно-ориентированных компонентов компьютерной телефонии.

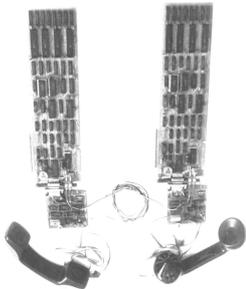


Рис.1. Адаптеры компьютерной телефонии

## 2. Постановка задачи

Компьютерная телефония является составной частью интеллектуальных сетей, для которых одной из главных особенностей является возможность формирования предоставляемых услуг «на лету». Естественно, адекватные возможности должны быть присущи и средствам компьютерной телефонии. Несмотря на то, что в последние годы создано достаточно большое количество аппаратных средств, программных приложений, а также проблемно-ориентированных операционных систем [5], до настоящего времени практически отсутствуют научно-обоснованные подходы к проектированию систем предоставления услуг компьютерно-телефонной интеграции. По этой причине в Институте кибернетики им. В.М. Глушкова в рамках научных исследований по теме «Теоретико-прикладные аспекты интеллектуальных систем» ведутся работы по созданию научно-прикладной базы современной компьютерной телефонии. В рамках данной статьи описываются результаты, полученные в области синтеза потребительских функций компьютерной телефонии, путем моделирования этих функций на базе сетей Петри. Главной задачей таких исследований является создание средств и технологий, обеспечивающих универсальную полноту на разных уровнях проектирования систем. К этим уровням относятся: уровень программирования, уровень формирования и пользовательский уровень настройки необходимых услуг. Поэтому к общей задаче предоставления услуг компьютерной телефонии применяется метод декомпозиции больших систем. Это позволяет представлять общую задачу в виде трех стратифицированных уровней, что обеспечивает возможность, с одной стороны, автономно исследовать отдельные страты и учитывать общесистемные особенности, с другой.

С научно-прикладной точки зрения, компьютерная телефония реализуется на основе сложных функциональных систем [6]. Как любая функциональная система она включает в себя совокупность аппаратно-программных ресурсов, их методов, свойств и событий, регламентирующих функционально-процедурные характеристики операционной среды компьютерной телефонии.

Для решения задач оптимизации работы системы, с точки зрения организованности операционной среды, а также для разработки новых функциональных систем необходимо синтезировать формальные системы, на основе которых создаются конкретные приложения.

Следует отметить, что задача синтеза предоставляемых услуг на базе функционально полной среды не может быть решена никакими эвристическими методами. Это обуславливает

использование известных методов прикладной математики, позволяющих моделировать сложные системы. Анализ показал, что для решения данной задачи наиболее адекватной является система моделирования на основе сетей Петри.

Для реализации метода синтеза необходимо обобщить ресурсы системы, их методы и свойства, а затем формализовать их и синтезировать из формализованных объектов универсальную систему, которая по функциональности будет адекватна целевым задачам компьютерной телефонии.

### **3. Методы решения задачи**

При формализации сложных процессов, явлений или функциональных систем во многих прикладных областях возникают задачи, в которых число переменных и связей измеряется сотнями, тысячами и даже многими тысячами. Одной из таких функциональных систем является компьютерная телефония, где существуют десятки различных задач, сотни методов их решения и множество различных устройств, которые используются в компьютерной телефонии.

Одним из перспективных методов исследований аналогичных систем является метод декомпозиции задач большой размерности [7], позволяющий заменить решение одной большой задачи решением серии меньших задач, гарантируя при этом адекватность конечных результатов.

В основе декомпозиции лежит выделение из функциональной структуры относительно самостоятельных элементов (объектов). Эти элементы могут агрегироваться и в более крупные. Следующим уровнем агрегирования является подсистема – совокупность задач, выделенная по определенному признаку. При этом задача предоставления услуг представляет интерфейс пользователя функциональной системы.

Для декомпозиции функциональной системы компьютерной телефонии на отдельные адекватные составляющие использовались три основных принципа: объектный, функциональный и структурный.

Объектный принцип подразумевает декомпозицию системы в функционально-процедурные объекты, из которых могут быть «собраны» отдельные подзадачи компьютерной телефонии. Каждый объект должен обладать признаком, гарантирующим его принадлежность к компьютерной телефонии. Интеграция этих объектов с объектно-ориентированными модулями среды реализации задач компьютерной телефонии составляет суть универсально полной системы.

Функциональный принцип подразумевает выделение в подсистему задач конкретного картежа функционально-процедурных объектов, представляющих суть подзадач компьютерной телефонии. Совокупность таких картежей определяет полноту подзадач, которые являются базовыми функционально-законченными модулями для создания predetermined услуг, предоставляемых пользователям.

И, наконец, структурный принцип декомпозиции предполагает разбиение функциональной подсистемы на отдельные структурные составляющие, позволяющие реализовать конкретные среды функционирования задач компьютерной телефонии. Структурная декомпозиция позволяет

создавать распределенные системы компьютерной телефонии с учетом требований конкретных бизнес-приложений в корпоративных системах.

Из вышесказанного следует, что метод декомпозиции в целом состоит из разложения функциональной системы на иерархические уровни (страты), каждый из которых имеет свои логико-алгоритмические особенности. Декомпозиция выполняется до тех пор, пока не образуются формальные объекты, реализующие основные функции или базовые действия системы, дальнейшая декомпозиция для которых теряет физический смысл связи с данной функциональной системой. Иными словами, любой формальный объект должен содержать признак принадлежности к декомпозируемой системе. Таким образом, формальные объекты представляют собой алгоритмически описанные элементы нижнего уровня функциональной системы, которые как минимум содержат один признак, по которому можно определить их принадлежность к исследуемой системе (рис. 2).

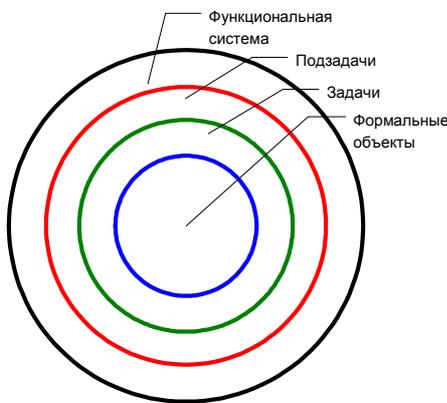


Рис. 2. Иерархические уровни функциональной системы

При создании формальных объектов методом декомпозиции возникает одна из практических проблем – это выбор минимального или достаточного уровня декомпозиции, при котором объекты будут функционально целостными с точки зрения решения поставленной задачи. Минимальный уровень декомпозиции целесообразно проводить до уровня системных ресурсов данной операционной среды (объектов, методов, стандартов). Эти системные ресурсы должны содержать функционально-процедурные средства связи с модулями других иерархических уровней. Если же существующие объекты не удовлетворяют по каким-либо условиям, то следует производить декомпозицию далее. При этом создаются новые методы, алгоритмы и протоколы обмена, на базе которых синтезируются требуемые объекты.

Уровни декомпозиции показаны на рис. 3.

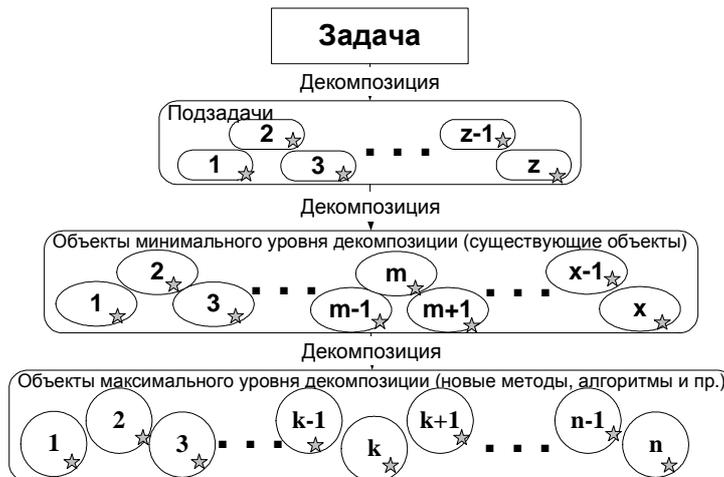


Рис. 3. Уровни декомпозиции ( \* – признак принадлежности элементов к данной функциональной системе)

Итак, при декомпозиции каждая задача воспринимается как совокупность подзадач  $S = \bigcup_{i=1}^M s_i$ , где  $s_i$  –  $i$ -я подзадача задачи  $S$ .

Каждая из задач, в конечном счете, состоит из совокупности объектов, имеющих свои свойства, методы и события, а также среды их взаимодействия, которые определяют условия функционирования объектов в рамках данной подзадачи, т.е.  $s_i$  на  $n$ -ом конечном шаге декомпозиции представляет

$$s_i = \bigcup_{j=1}^n O_j \{P, E, M\},$$

где  $P$  – совокупность свойств, характеризующих объект;  $E$  – совокупность событий, регламентирующих условия функционирования объекта;  $M$  – совокупность методов, характеризующих возможности обработки компьютерно–телефонной информации в реальном масштабе времени.

Формально, исходя из самой сути компьютерной телефонии, все ее задачи и объекты происходят от двух родительских классов: задачи, которые решаются благодаря компьютеру и входящих в него аппаратных средств (назовем их компьютерные задачи), и задачи, которые решаются благодаря логическому (виртуальному) телефону (назовем их коммутационные задачи). Схема такого представления компьютерной телефонии показана на рис. 4. Количество объектов в схеме не является конечным, но достаточным для наглядного примера.



Рис. 4. Схема функциональной системы компьютерной телефонии с точки зрения логического компьютера и телефона

Компьютер в отношении к данной проблеме понимается как совокупность аппаратно-программного обеспечения, которое непосредственно требуется для решения задач компьютерной телефонии. Логический телефон в данном случае – это не телефон в аппаратном или физическом смысле, а объект, который логически или функционально выполняет все функции коммутирующего устройства в средствах компьютерной телефонии.

Необходимо заметить, что компьютерные задачи являются базовыми и присутствуют в каждой задаче компьютерной телефонии полностью или частично, в то время как коммуникационные задачи чаще всего присущи только одной какой-то задаче и являются характеризующими для данной задачи компьютерной телефонии. Иначе правомерно было бы заявить, что мы имеем дело не с компьютерной телефонией, а с интеллектуальным телефоном (телефон, со встроенным процессором, который может решать определенный круг задач).

Центральным стержнем коммутационных задач является соединение, т.е. все коммутационные задачи развиты для работы с соединением, например, создание соединения, ожидание соединения, контроль соединения. При декомпозиции компьютерных задач мы получаем три базовых задачи: хранение, обработка и отображение данных (информации), на которых основываются все остальные задачи. Поэтому для компьютерных задач основополагающим фактором является информация от логического телефона.

В действительности, в компьютерной телефонии, конечно же, не существует задач только компьютерных или только телефонных. Задачи компьютерной телефонии – это сложный комплекс взаимодействия формальных объектов логического компьютера и телефона. Поэтому основной задачей формализации компьютерной телефонии есть абстрагирование ресурсов от аппаратной и программной платформы и выделение их основных функций. Декомпозируя эти ресурсы, создаются формальные объекты как алгоритмические элементы, на основе которых могут создаваться объектно-ориентированные компоненты (как программные, так и аппаратные).

На рис. 5 показан пример декомпозиции одной из задач компьютерной телефонии – голосовой почты.

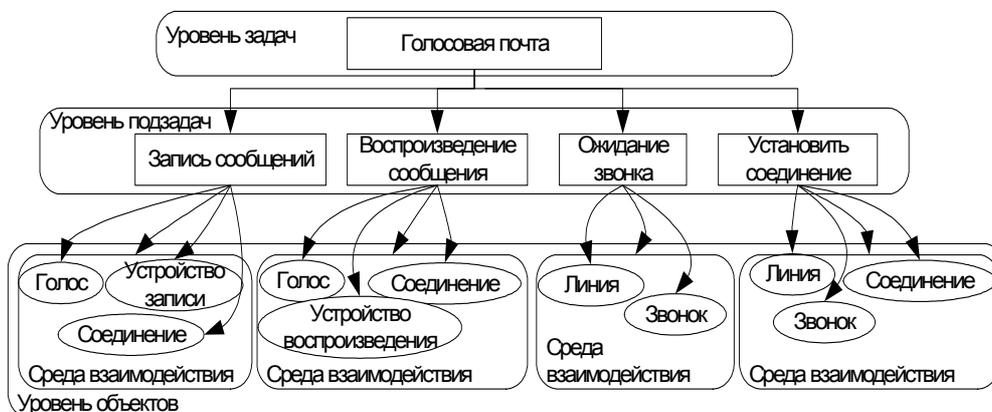


Рис. 5. Декомпозиция для голосовой почты

Из рис. 5 видно, что некоторые из подзадач содержат одинаковые объекты, что становится возможным благодаря различиям в функциональных условиях этих объектов, которые формируются средой их взаимодействия. Таким образом, для нормального функционирования системы необходимо, чтобы каждый формальный объект имел свою среду условий.

Под средой условий понимается совокупность различных условий функционирования объекта, основанных на интегрированных методах и алгоритмах, которые не только определяют модель поведения объекта, но и регламентируют порядок взаимодействия с другими объектами.

Всю совокупность условий можно разделить на три основополагающие группы: временные, хронологические и параметрические, представленные в формуле

$$E_{if} = T_{if} \cup H_{if} \cup P_{if},$$

где  $E_{if}$  – среда условий;  $T_{if}$  – временные условия;  $H_{if}$  – хронологические условия;  $P_{if}$  – параметрические условия.

Среда условий является интерфейсом взаимодействия объекта с внешними объектами, т.е. на требуемые условия находится отклик, а остальные игнорируются.

Из вышеперечисленного становится очевидным, что прежде чем начнется работа любого объекта компьютерной телефонии, ему необходимо передать определенные параметры. Далее система или сам объект, используя среду условий, при помощи в нем реализованных методов и алгоритмов проверяет наличие требуемых (для него) условий и уже после этого либо начинает выполнять свою задачу, либо выдает сообщение о недостатке параметров или сообщение об ошибке. Хотя, конечно, объект может и не сразу выполнять поставленную задачу, например, при установке временных рамок, а находиться в режиме ожидания, но это тоже считается рабочим режимом.

*Алгоритм синтеза.* После выполнения полной декомпозиции функциональной системы на формальные объекты формируется множество объектов, каждый из которых обладает своими методами, свойствами, а также имеет среду условий, которая формирует режим работы и взаимодействия с любым другим объектом. Из этих формальных объектов синтезируется универсальная система, идентичная первоначальной; универсальность заключается в том, что синтезированные объекты практически не зависят от программно-аппаратной платформы, т.е. многие из объектов системы могут не существовать физически или могут компоноваться из других объектов.

Основы алгоритма синтеза составляют сети Петри. Сети Петри – это инструмент для математического моделирования и исследования сложных систем. Цель представления системы в виде сети Петри и последующего анализа этой сети состоит в получении важной информации о структуре и динамическом поведении моделируемой системы. Эта информация используется для оценки функциональности моделируемой системы и выработки предложений по ее усовершенствованию и оптимизации [8, 9].

Моделирование систем сетями Петри прежде всего обусловлено необходимостью проведения глубокого исследования их поведения. На основе построенной сети Петри формализованной (универсальной) системы, реализующей функции компьютерной телефонии, можно произвести качественный анализ системы – то есть оценить ее функциональную целостность и работоспособность.

Моделирование задач компьютерной телефонии в сетях Петри осуществляется на событийном уровне [8]. Для этого определяются, какие действия происходят в системе, какие состояния предшествовали этим действиям и какие состояния примет система после выполнения действия. Выполнение событийной модели в сетях Петри описывает поведение системы компьютерной телефонии. Анализ результатов выполнения может показать, в каких состояниях пребывала или не пребывала система, какие состояния в принципе не достижимы.

В данном случае для объектно-ориентированной среды событийным уровнем является вышеописанная функциональная среда условий. Основой создания сети Петри является определение условий (позиции в сети Петри) и событий (переходы) при описании каждой из задач (объектов). Таким образом, созданная объектно-ориентированная среда описывается не совокупностью свойств, событий, методов и функциональных условий объектов, а в виде условий и событий. То есть для каждого объекта верно следующее: свойства и методы объекта выступают условиями (позициями) для сети Петри, а события и среда функциональных условий – событиями.

В сети Петри условия моделируются позициями, события – переходами. При этом входы перехода являются предусловиями соответствующего события, выходы – постусловиями. Возникновение события моделируется запуском соответствующего перехода. Выполнение условия представляется фишкой в позиции, соответствующей этому условию. Запуск перехода удаляет фишки, представляющие выполнение предусловий, и образует новые фишки, которые представляют выполнение постусловий.

Итак, рассмотрим примеры составления моделей или спецификаций для основных задач компьютерной телефонии, CALL ROUTING и голосовая почта, в сетях Петри. Для уменьшения громоздкости схем синтез будем показывать не на объектном уровне, а на уровне подзадач, хотя присутствие формальных объектов подразумевается, их можно отследить по событиям в синтезированной системе в сети Петри.

Таблица 1. CALL ROUTING с точки зрения сетей Петри

Обработка входящих телефонных звонков	Обработка исходящих телефонных звонков	Работа с голосовыми сообщениями
Ожидание звонка Соединение Определение номера Прием тоновых сигналов (код и управляющие) Запрашивание пароля Идентификация абонента Распознавание голоса Переадресация звонка Прием голосового сообщения Определение тарификации Положить трубку	Проверка телефонной линии Набор номера (тоновый / импульсный) Определение «Занято» Определение поднятия трубки у абонента Прием/передача тонового кода Организация соединения Положить трубку	Прочитать голосовое сообщение Генерировать сообщения (у вас X на счету, Пополнение счета, здравствуйте и т.д.)

На основе вышеперечисленных задач и подзадач можно построить таблицу, включающую в себя условия и события в сетях Петри для CALL ROUTING (табл. 2).

Таблица 2. Условия и события для системы маршрутизации звонков

Условия: P	События: T
a. Маршрутизация звонков b. Распознавание номера c. Соединение с абонентом d. Проигрывание приветствия e. Прием кода авторизации f. Распознавание абонента g. Проверка счета h. Прием номера дозвона	1. Входящий звонок 2. Начало установления соединения 3. Номер не распознан 4. Номер распознан – это X-абонент 5. Номер распознан – это пользователь голосовой почты 6. Соединение осуществлено 7. Обнаружен разрыв соединения 8. Приветствие проиграно

i. Соединение по номеру	9. Код авторизации принят
j. Тарификация в реальном времени	10. Код не принят
k. Положить трубку	11. Абонент распознан
l. Генерация индивидуального сообщения	12. Абонент не распознан
m. Воспроизведение индивидуального сообщения	13. Счет нулевой
n. Положить трубку (освободить линию)	14. Счет не нулевой
	15. Номер не принят
	16. Номер принят
	17. Соединение с требуемым номером не установлено
	18. Соединение с требуемым номером установлено
	19. Счет обнулен
	20. Индивидуальное сообщение сгенерировано
	21. Индивидуальное сообщение воспроизведено
	22. Трубка положена (соединение разорвано)
	23. Останов системы голосовой почты

Такое представление системы легко моделировать сетью Петри. Модель системы маршрутизации звонков, построенная в сетях Петри по данным таблиц, представлена на рис. 6.

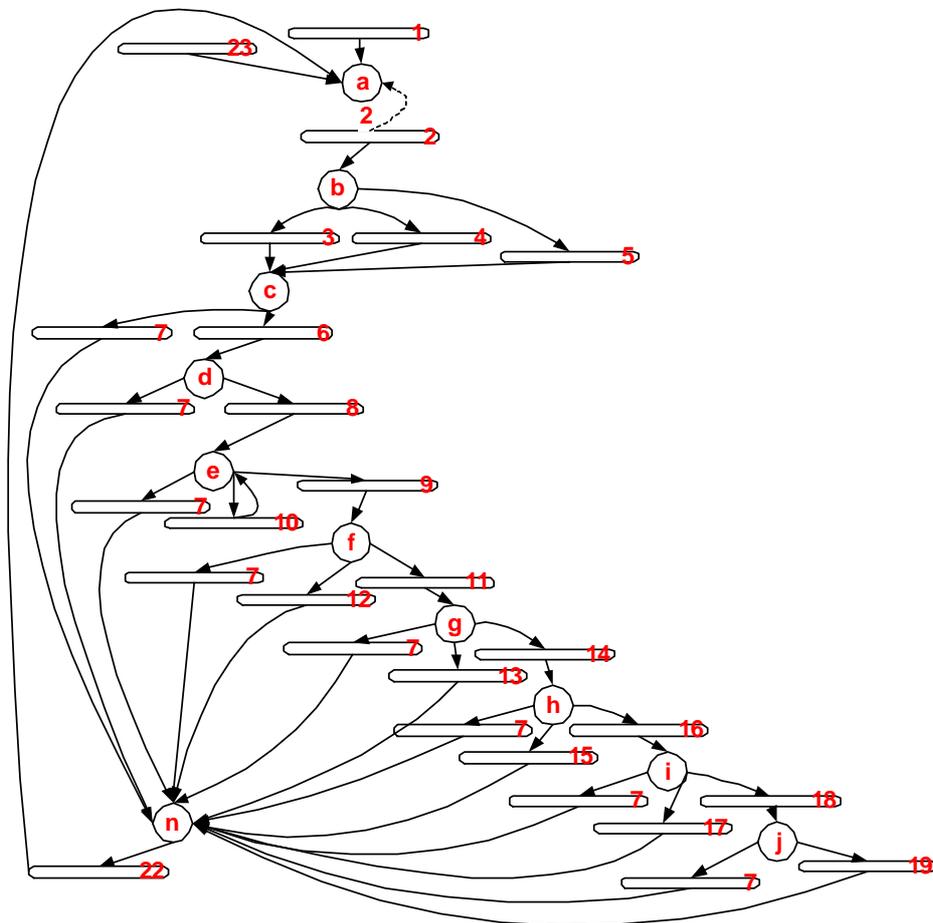


Рис. 6. Модель системы маршрутизации звонков в сетях Петри

Таблица 3. Голосовая почта с точки зрения сетей Петри

Обработка входящих телефонных звонков	Работа с голосовыми сообщениями
○ Ожидание звонка	○ Записать голосовое сообщение
○ Соединение	○ Прочитать голосовое сообщение
○ Контроль за соединением	○ Создание шапки голосовых сообщений
○ Определение номера	

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Прием тоновых сигналов (код и управляющие)</li> <li>○ Определение абонента</li> <li>○ Распознавание голоса</li> <li>○ Переадресация звонка</li> <li>○ Прием голосового сообщения</li> <li>○ Положить трубку</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Генерировать сообщения (Ящик пуст, у вас X сообщений и т.д.)</li> </ul>
---	--

На основе вышеперечисленных задач можно построить таблицу, включающую в себя условия и события в сетях Петри (табл. 4).

Таблица 4. Условия и события для системы голосовой почты

<b>Условия: P</b>	<b>События: T</b>
a. Режим ожидания (перевода) звонка	1. Входящий звонок
b. Линия занята	2. Звонок перенаправлен на сервер голосовой почты
c. Входящий звонок	3. Номер не распознан
d. Распознавание номера	4. Номер распознан – это X-абонент
e. Соединение с абонентом	5. Номер распознан – это пользователь голосовой почты
f. Проигрывание приветствия	6. Соединение осуществлено
g. Создание шапки сообщений	7. Обнаружен разрыв соединения
h. Запись сообщения	8. Приветствие проиграно
i. Прием кода авторизации	9. Шапка создана
j. Положить трубку	10. Останов записи
k. Распознавание абонента	11. Код авторизации принят
l. Генерация индивидуального сообщения	12. Абонент распознан
m. Воспроизведение сообщения индивидуальное	13. Абонент не распознан
n. Прием кода для работы с меню	14. Индивидуальное сообщение сгенерировано
o. Выполнение процедур меню	15. Индивидуальное сообщение воспроизведено
p. Распознавание голоса	16. Меню: вперед
q. Команда не распознана, что делать?	17. Меню: назад
r. Положить трубку (освободить линию)	18. Меню: прослушать
	19. Меню: удалить
	20. Меню: перенаправить
	21. Меню: управление голосом
	22. Голосовая команда принята
	23. Голосовая команда не распознана
	24. Отмена голосового управления
	25. Голосовая команда еще раз
	26. Продолжение работы с меню
	27. Трубка положена (соединение разорвано)

Модель системы голосовой почты, построенная в сетях Петри, представлена на рис. 7.

Основным преимуществом синтеза задач компьютерной телефонии в сети Петри является возможность проведения глубокого исследования их поведения [6], а также возможности проверки свойств самой модели, таких как конфликт функциональностей, дедлок (DeadLock), закливание, потеря оригинальной функциональности, непредсказуемое поведение, конфликт по ресурсным требованиям и т.п. Для проведения такого исследования в первую очередь используются методы анализа свойств самих сетей Петри. Этот подход предполагает получение сведений о свойствах реальной системы из анализа определенных свойств моделирующей сети Петри, а именно: ограниченность, безопасность, сохранение, активность, достижимость, покрываемость, живучесть и т.д. Рассмотрим метод анализа сетей Петри, который основан на использовании *дерева*

достижимости. Дерево достижимости представляет все достижимые маркировки сети Петри, а также всевозможные последовательности запусков её переходов.

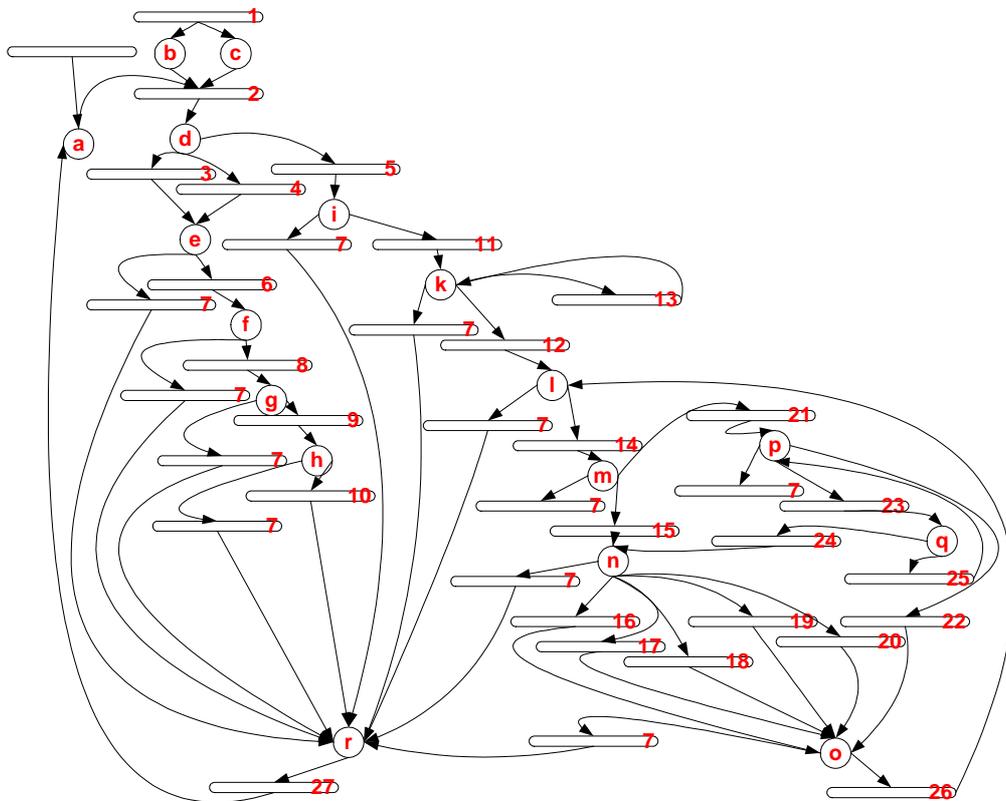


Рис. 7. Модель системы голосовой почты в сетях Петри

Анализируя дерево достижимости для двух задач компьютерной телефонии, которое не приведено здесь из-за громоздкости, приходим к следующим выводам:

- обе модели являются ограниченными;
- обе модели являются безопасными;
- все переходы являются потенциально живыми;
- тупики отсутствуют;
- все позиции являются достижимыми;
- модели обладают свойством повторяемости;
- взаимным исключением в данных моделях является то, что линия не может быть одновременно занята и свободна.

На примере этих моделей двух задач компьютерной телефонии можно делать выводы о том, что:

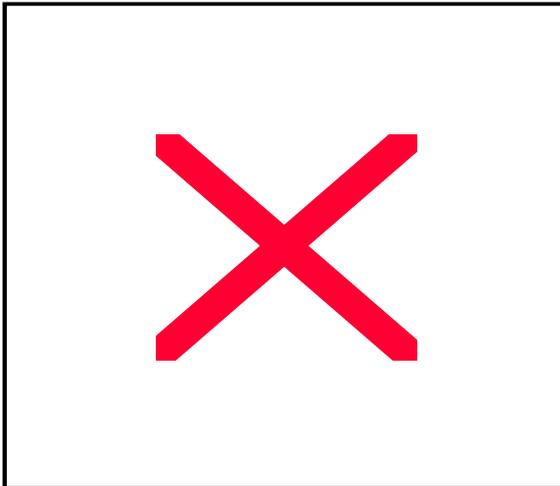
1. В данной системе базовыми являются коммуникационные функции, причем самый главный объект – соединение.
2. Последовательность приведенных в моделях функций не может изменяться в зависимости от потребностей пользователя (программиста) или же зависит от аппаратных возможностей. Для того, чтобы изменить порядок, необходимо создавать новую модель.

3. Для решения вышеизложенных проблем необходимо разработать при помощи сети Петри универсальную систему, которая при добавлении некоторых объектов или использовании уже существующих может решать другие задачи компьютерной телефонии, а также в которой будет существовать возможность изменения порядка следования подзадач без перестройки всей модели.

4. На основе перечисленных в моделях объектов (подзадач), которые указаны позициями в модели сети Петри, рекомендуется создать объектно-ориентированные компоненты для построения инструментального комплекса реализации функций компьютерной телефонии.

Для иллюстрации метода синтеза была создана программа, интерфейс которой показан на рис. 8. Как видно из рисунка, в программе на примере голосовой почты реализован (показан) синтез новых задач компьютерной телефонии. Для этого используются описанные выше алгоритмы (методы) декомпозиции для головной почты, а также синтезированная в сетях Петри модель, реализующая задачи голосовой почты.

При работе с программой выбирается одна из уже существующих задач голосовой почты или же можно загрузить ранее созданную задачу. Эта задача отображается справа как



совокупность объектов или подзадач, из которых пользователь может выбрать нужные ему и переместить их в левую колонку для составления новой задачи.

После составления новой задачи ее необходимо проверить на функциональность и отсутствие конфликта функциональности. Для этого применяется ранее составленная модель в сетях Петри и используются соответствующие методы анализа сетей Петри. Если обнаруживается ошибка, пользователь о ней уведомляется, а также пользователь получает простейшие указания о том,

Рис. 8. Интерфейс программы как этой ошибки можно избежать

Сформированные рабочие (готовые) задачи можно сохранять для последующего использования.

В данной программе еще не реализована возможность запуска составленных задач, т.к. эта программа служила для демонстрации возможности использования сетей Петри при синтезе задач компьютерной телефонии.

Из функциональной среды условий вполне логично вытекает расписание запросов, при котором обеспечивается нормальная работа инструментальной среды синтеза методов и функций компьютерной телефонии. Расписание запросов – это логическая последовательность задач (подзадач) компьютерной телефонии, нарушение которой может приводить к ошибкам или сбою системы в целом.

Причем при помощи программирования эти компоненты смогут поддерживать максимальное количество стандартов аппаратных средств и весь переход от одной аппаратной

основы на другую. Для пользователя это будет означать незначительное изменение свойств объектно-ориентированного компонента. Хотя на самом деле при этом будет использоваться абсолютно другой программный код, другие команды программного взаимодействия с аппаратными средствами и совсем другие интерфейсы.

Например, микрофон был подключен в гнездо модема, а затем пользователь переключает его в звуковую карту, после чего необходимо заменить в объектно-ориентированной компоненте «Устройство записи» свойство «подключение устройства» с «модем» на «звуковая карта». В программном же плане в первом случае для записи звука использовались команды взаимодействия с портом, к которому был присоединен модем и AT-команды модема, а во втором случае запись будет происходить из входа звуковой карты API командами операционной среды.

#### 4. Выводы

В работе рассмотрены формальные методы, которые позволяют анализировать, декомпозировать, синтезировать и оценивать функциональность сложных реактивных систем на примере задачи компьютерной телефонии.

После выполнения полной декомпозиции функциональной системы из формализованных объектов можно синтезировать формальную модель в сетях Петри. И уже на основе этой модели можно проводить множество различных исследований, таких, как проверка целостности, функциональности и рациональности.

Благодаря такому подходу можно будет улучшать уже реально существующие задачи компьютерной телефонии, а также синтезировать абсолютно новые решения.

На основе данной работы можно сделать выводы о том, что предложенный метод целесообразно использовать не только в задачах компьютерной телефонии, но и в других прикладных областях, в которых присутствуют многофункциональные системные ресурсы приложения.

В дальнейших исследованиях планируется изучить возможность синтеза универсальной формализованной системы для формирования услуг компьютерной телефонии «на лету» с учетом заключений и рекомендаций на основе вышеизложенных исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биллинг. Компьютерная телефония. <http://www.cti-online.ru/>
2. Dialogic CT Products Catalog. – 1997. – P. 2.2.
3. TERENA's Guide to Network Resource Tools : H.320: [http://gnrt.terena.nl/content.php?section\\_id=228](http://gnrt.terena.nl/content.php?section_id=228)
4. Алишов Н.И., Сабельников Ю.А., Сытник Ю.П. Архитектура информационно-управляющей сети ПЭВМ ICNET. Микропроцессорные системы и персональные ЭВМ: Сборник научных трудов. Институт кибернетики им. В.М. Глушкова. – Киев, 1993. – С. 24 – 30.
5. Алишов Н.И., Сабельников Ю.А. Локальная сеть персональных ЭВМ с интеграцией задач управления // Информатизация та нові технології. – 1994. – № 1/2. – С. 23 – 26.
6. Кривый С.Л., Матвеева Л.Е. Формальные методы анализа свойств систем // Кибернетика и системный анализ. – 2003. – № 2. – С. 15 – 35.
7. Цурков В.И. Декомпозиция в задачах большой размерности. – М.: Наука, 1981. – 352 с.
8. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984.
9. Богатырев Р. Об автоматном и асинхронном программировании // Открытые системы. – 2001. – № 3. – С. 68 – 69.