

УДК 621.395

ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВОЙ УНИФИЦИРОВАННОЙ СТУПЕНИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫЗОВОВ СПРАВОЧНЫХ СЛУЖБ ГТС

Б. С. Гольдштейн

Цифровизация городских телефонных сетей (ГТС), основывающаяся на электронных коммутационных узлах и станциях с программным управлением, техническое перевооружение справочно-информационных служб ГТС на базе ЭВМ различных типов и резкое удешевление компонентов микропроцессорных наборов БИС, обеспечившее введение устройств программного управления непосредственно в блоки и комплекты системы коммутации, – эти три одновременно протекающих процесса обусловили целесообразность разработки специально для справочно-информационных служб ГТС принципиально новой цифровой системы коммутации с распределенным микропроцессорным управлением, используемой в качестве ступени распределения вызовов. Основным отличием этой ступени от известных является наличие программно-аппаратного интерфейса, унифицированного как с различными типами СМ и ЕС ЭВМ информационно-поисковых систем (баз данных), так и с оборудованием ручных справочных служб. Цель статьи, помимо знакомства читателя с новой системой коммутации, – анализ опыта проектирования программного обеспечения (ПО) унифицированной цифровой ступени распределения вызовов.

Упрощенная структурная схема справочно-информационной службы ГТС на базе цифровой унифицированной ступени распределения вызовов *УСРВ* приведена на рис. 1. *УСРВ* со встроенным микропроцессорным управлением предназначена для замены серийного оборудования АСПС в справочных службах «09» городских сетей малой и средней емкости (до 300 тыс. номеров). Максимальная емкость *УСРВ* – 120 входов (4 тракта ИКМ) и 60 выходов (рабочих мест телефонных аппаратов). В состав коммутационного оборудования *УСРВ* входят до четырех оконечных станционных комплектов *ОСК* и комплектов линейной сигнализации *КЛС* и резервированное цифровое коммутационное поле *КП*. Управление ступенью осуществляется двумя встроенными ЭВМ обслуживания вызовов *ЭВМ ОВ* и одной ЭВМ технической эксплуатации *ЭВМ ТЭ*, выполненными на базе микропроцессорного набора K580. Все оборудование размещено в четырех кассетах типа БНК-4. Предусмотрена возможность подключения выносного видеотерминала технической эксплуатации типов ВТА 2000-15, ЭЛИТ-09 и др.

Дополнительно к основным функциям *УСРВ* позволяет: иметь очередь ожидающих местных абонентов переменной длины, которая зависит от числа работающих в настоящий момент телефонных операторов, приоритетное обслуживание междугородных абонентов, подавать оператору тональный сигнал различной длительности, при местных и междугородных вызовах непосредственно при установлении соединения «абонент – оператор», а также сигналы КПВ при переключении вызова на рабочее место оператора другой функциональной группы или при ожидании начала обслуживания.

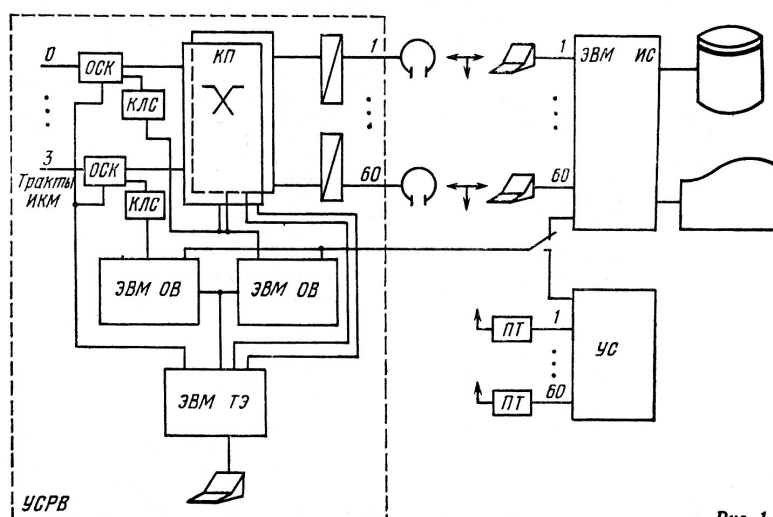


Рис. 1

Кроме того, УСРВ производит: учет выработки телефонных операторов и других статистических показателей, включая различные вызовы – поступившие и обслуженные, потерянные, обслуженные с ожиданием, не дождавшиеся обслуживания, ожидавшие свыше 12 с, а также различные эксплуатационные статистические данные. При занятости всех телефонных операторов и отсутствии мест для ожидания поступающих вызовов автоматически подается сигнал о перегрузке системы с указанием общего числа и суммарного времени перегрузок. Непосредственно через УСРВ осуществляются технологическая связь телефонных операторов, подключение к рабочим местам операторов и отключение контролеров, включение в работу и отключение телефонных операторов, изменение статуса оператора (начальник смены, старший оператор, оператор).

Указанные функции реализуются преимущественно программными средствами, которым и уделим основное внимание.

Поскольку в составе оборудования УСРВ отсутствуют внешние запоминающие устройства, что связано с недопустимо большим временем доступа к памяти машины и с экономической эффективностью системы, для хранения программного обеспечения (ПО) используется ПЗУ. Размещение ПО в постоянной памяти позволяет достичь показателей надежности, характерных для аппаратных схем, сохраняя в то же время гибкость, присущую программному обеспечению [1].

Размещение ПО в ПЗУ позволяет управляющим микроЭВМ при перезапуске системы после сбоя по питанию или по другим причинам обратиться к копии ПО, надежно хранящейся в постоянной памяти, и в процессе инициализации системы сформировать стационарный файл в ОЗУ, содержащий основные переменные и константы ПО, его конфигурационные таблицы и др. При этом вместо использования параметра системы, постоянно хранящегося в ПЗУ в виде какого-то стандартного значения, возможно присвоение ему нового значения либо непосредственно программной инициализацией, либо вручную с видеотерминала технической эксплуатации. Такая реализация ПО УСРВ, а также значительный объем ее функций, выполняемых в реальном масштабе времени (PMB), обусловили необходимость инженерных методов разработки ПО.

Технологическая цепочка проектирования ПО УСРВ представлена на рис. 2. Детальное описание такой цепочки проектирования вида $M=\{R, A, S, P, C\}$ приведено в [2], поэтому здесь отметим лишь некоторые основные ее особенности.

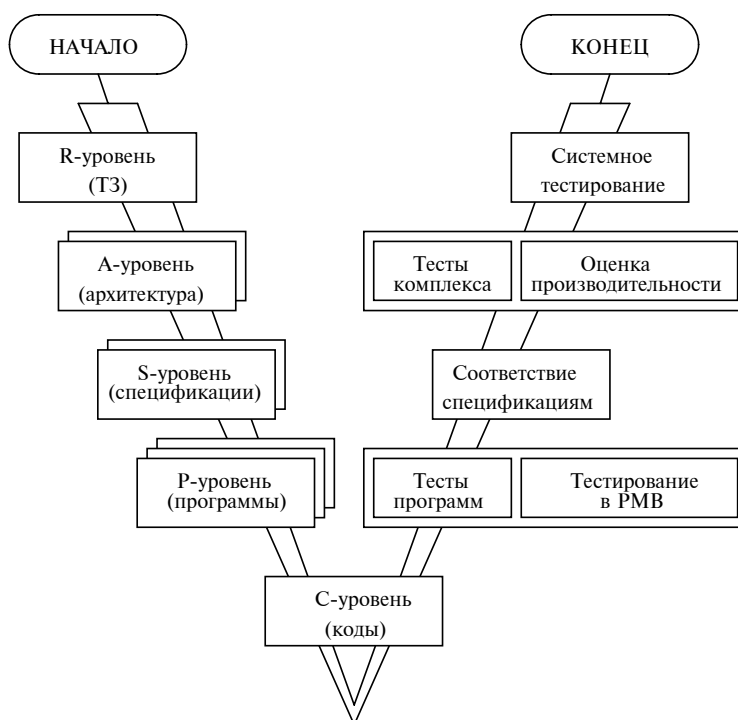


Рис. 2.

Из-за несовершенства современной техники проектирования этап разработки и детализации технических требований (R-уровень проектирования) смогли лишь минимально структурировать и формализовать. Практически единственным вспомогательным средством на этом уровне было описание структуры системы и технических требований к программному обеспечению на естественном языке, а результатом проектирования R-уровня стала первая, наиболее общая спецификация ПО УСПВ. Эта спецификация, также как и более детализированные спецификации уровней А и S, решает три задачи: логически определяет класс реализаций соответствующих функций ПО; обеспечивает определение функциональных возможностей каждой конкретной реализации; позволяет, по меньшей мере теоретически, оценить степень соответствия конкретной реализации поставленной задаче.

Разумеется, спецификация, выполненная на естественном языке, не удовлетворяет полностью этим целям. Но даже если первые две задачи можно решить увеличением подробностей описания, то способ определения соответствия конкретной реализации ее спецификации остается неясным, поскольку нельзя применять строгий формализованный критерий к неформализованному описанию.

В связи с этим основные усилия разработчиков ПО УСПВ были сосредоточены на проектировании функциональной и системной архитектуры (А-уровень проектирования) и разработке SDL-диаграмм программных процессов (S-уровень проектирования). Оба эти этапа проектирования выполнялись на языке SDL-85. Основными результатами проектирования А-уровня стали диаграмма взаимодействия программных блоков, представленная для ЭВМ обслуживания вызовов в обозначениях МККТТ на рис. 3 (здесь: в прямоугольниках – программные блоки; они соединяются каналами K_i , $i = 1, 2, \dots$, по которым идут сигналы C_j , $j = 1, 2, \dots$; $СБК$ и $СБЭ$ – сигналы байтовые соответственно с клавиатуры и на экран; $ЗМТ$, $ЗАМ$, $ЗМСТ$, $ОМТ$, $ОАМ$, $ОМСТ$ – запросы и ответы телефонистов при местной и междугородной связи), внешние интерфейсные спецификации для сигналов взаимодействия с $КП$, $КЛС$, $ЭВМ ТЭ$ и с информационной системой $ИС$ справочной службы «09», а также списки однонаправленных каналов и соответствующих им сигналов, межпроцессорного обмена.

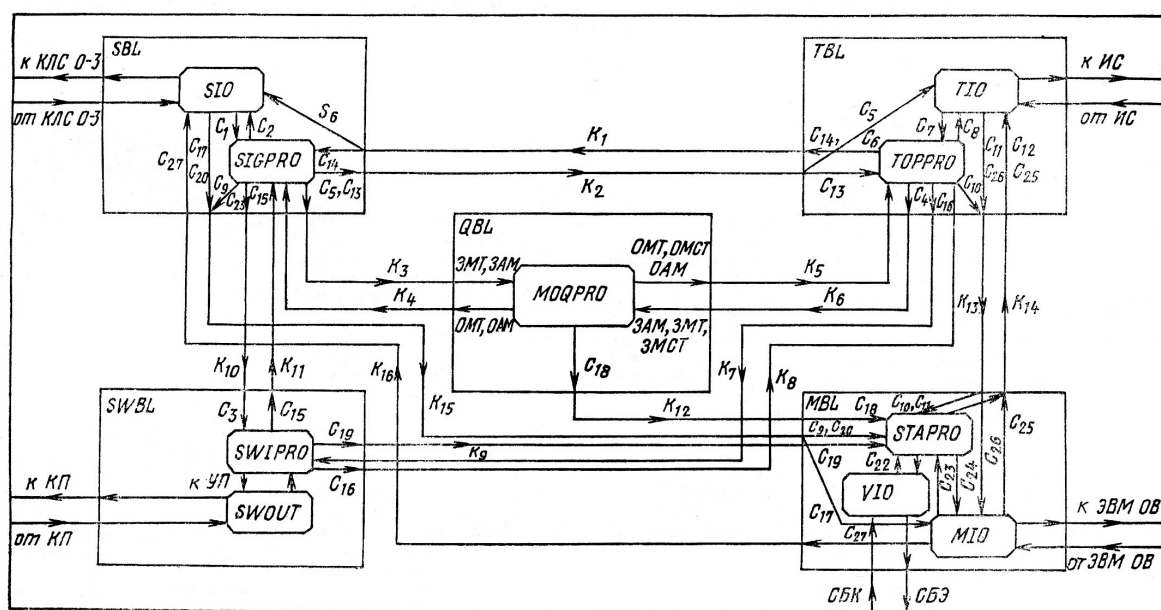


Рис. 3

Этот этап проектирования был наиболее ответственным, и, как показал опыт разработки программного обеспечения УСРВ в целом, его трудности не сводились лишь к избеганию программных операторов передачи управления и применению тех или иных приемов программирования. К серьезным дефектам, проявлявшимся практически на всех этапах разработки и отладки ПО, приводили неудовлетворительное разбиение системы на программные блоки и неправильное структурирование ПО.

Одна из основных проблем при разработке архитектуры ПО УСРВ на А-уровне проектирования – создание спецификации интерфейсов между оборудованием справочной службы и аппаратной поддержкой самих управляющих микроЭВМ. Согласно такой спецификации в УСРВ приняты три типа обмена: передача сообщений без ожидания ответа, передача сообщений с ожиданием ответа и передача сообщений с активизацией события. Как показал последующий опыт проектирования, такой подход не может быть причислен к достоинствам системы, а является скорее платой за первоначально принятые некорректные решения при разработке аппаратуры УСРВ.

Наиболее важным элементом в УСРВ является унифицированный интерфейс с ЭВМ информационной системы справочной службы, называемый У-протоколом. Сценарий (основной план) взаимодействия УСРВ с информационной системой по У-протоколу определяет две фазы взаимодействия. На первой фазе обеспечивается синхронизация обмена на уровне взаимодействующих ЭВМ, т. е. обмен сообщениями между ЭВМ должен выполняться прежде, чем ЭВМ смогут обмениваться технологической информацией. На первой фазе в УСРВ осуществляется процесс инициализации, входящий в состав телефонной операционной системы (ТОС). Вторая фаза включает информационный обмен между ЭВМ в процессе их функционирования в составе справочной службы.

В сценарий включены также процедуры отработки и устранения ошибок функционирования ЭВМ или среды доставки сообщений, что потребовало включения в программу интерфейса дополнительных типов сообщений и увеличения дополнительных последовательностей обмена. Фактически У-протокол разрабатывался в три этапа: «нормальное» взаимодействие процессов; включение множества ситуаций, связанных с влиянием других процессов; включение процедур «отработка» и «устранение ошибок».

В результате разработки У-протокола взаимодействия УСРВ с информационной системой ему были приданы следующие базовые свойства: безопасность, означающая, что У-протокол никогда не попадет в недопустимое состояние; достижимость состояния, под которой понимается, что У-протокол (при любых начальных условиях) в конце концов достигает желаемого состояния; корректность, означающая, что У-протокол гарантирует выполнение требуемого обмена сообщениями между ЭВМ и отсутствие неопределенных состояний и состояний заикливания; неблокируемость, т.е. У-протокол никогда не достигает состояния блокировки, при котором обмен сообщениями между ЭВМ невозможен.

Оценка разрабатываемых на S-уровне проектирования SDL-спецификаций программных процессов УСРВ осуществлялась исходя из следующих принципов: определенность, согласно которой каждая инструкция SDL должна быть определена четко и недвусмысленно и не допускать никакой неоднозначности в выполнении логических операций, входящих в инструкцию; их простота, конечность, выполнимость. Последнюю характеристику можно определить, согласно [3], следующим образом: инструкция выполнима, если включенные в нее операторы достаточно элементарны, чтобы их вручную, с помощью карандаша и бумаги, мог выполнить любой инженер за конечное время. Пример простой, но невыполнимой инструкции: присвоить переменной «тайм-аут» наибольшее значение, меньше цикла сканирования 100 мс.

Программные процессы, представленные на рис. 3, являются основными логическими элементами ПО УСРВ. Совокупность этих процессов, выполняющихся параллельно и конкурирующих в занятии микропроцессора, реализует все функции ЭВМ обслуживания вызовов УСРВ.

В рамках программного проекта УСРВ приняты соглашения о следующих основных свойствах процессов. Каждому процессу присваивается собственное уникальное имя и принадлежит отдельная область памяти для хранения локальных переменных. Если в распоряжении процесса оказывается какой-либо аппаратный или программный ресурс, то этот ресурс принадлежит ему монополично, т. е. процесс не имеет разделяемых ресурсов, и, следовательно, исключается проблема возникновения критических секций и клинчей. Процессы имеют минимальную информацию друг о друге и могут общаться только с помощью определенного механизма приема и передачи внешних, по отношению к каждому процессу, сигналов. Такой механизм поддерживает связь процессов с помощью точно специфицированных интерфейсных сигналов, содержащих минимум функций и данных.

Разработка таких программных процессов не требовала многочисленных согласований между разработчиками. Процессы рационально создавались по единой технологии независимо друг от друга, отлаживались, легко заменялись и дорабатывались.

Работой процессов, их созданием, взаимодействием и синхронизацией управляет **телефонная операционная система (ТОС)**, которая сама процессом не является. Причем в ПО УСРВ не различаются взаимодействие процессов по информации (обмен данными) и синхронизация процессов (обмен управляющей информацией).

ТОС создает все процессы в момент инициализации системы, после чего эти процессы существуют постоянно. Каждый процесс после его создания может находиться в одном из трех состояний: активном (выполнение на процессоре); приостановке; ожидании входного сигнала. Прерывание от аппаратных схем УСРВ оформляются ТОС как сигналы и передаются процессу с помощью тех же механизмов ТОС.

С каждым процессом связана программа, по которой выполняется работа данного процесса. Программирование и отладка ПО УСПВ (Р-уровень проектирования) выполнялись методами, предопределяемыми использованием в УСПВ микропроцессоров типа «Интел 8080», под управлением операционных систем ISIS II и CP/M, с последующим переносом ПО в объектовые ЭВМ под управлением ТОС (С-уровень проектирования). Схема проектирования ПО УСПВ на этих этапах приведена на рис. 4. Программирование велось на языках Ассемблер 8080 и ПЛ/М-80.

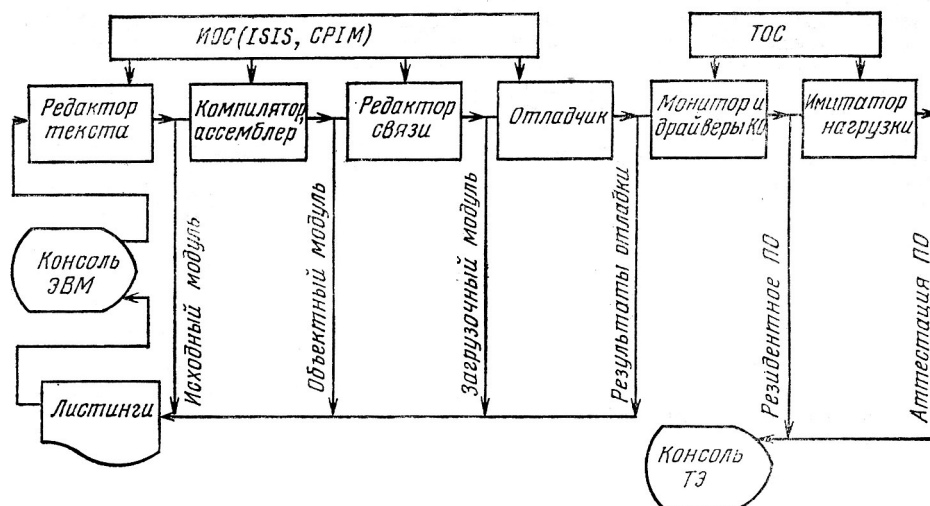


Рис. 4

Основные трудности этапов проектирования ПО УСПВ, обусловленные технической сложностью изменения программ (прожигание ППЗУ), были связаны с тестированием и отладкой ПО (путь вверх по диаграмме на рис. 2). Автономное тестирование отдельных программных модулей ПО УСПВ и незамкнутых конфигураций модулей (конфигураций, взаимодействующих с не входящими в них компонентами ПО) предполагало имитацию отсутствующего программного окружения компонентов конфигурации УСПВ. Для выполнения такой имитации использовались программы двух разновидностей: обеспечивающие вызов тестируемых компонентов с различными значениями передаваемых параметров и имитирующие выполнение вызываемых компонентов. Программы первой разновидности назывались пусковыми, а второй – заглушками.

Полнота тестирования определялась степенью покрытия SDL-диаграмм программных процессов при выполнении некоторого набора тестов, а также степенью покрытия возможных значений входных данных и различных комбинаций этих значений.

Немаловажным обстоятельством для организации разработки и тестирования ПО УСПВ по методологии рис. 2 являлось фиксирование описаний системы на всех уровнях проектирования в соответствующих документах. Обычно основное внимание в документировании уделяется описанию комплекса ПО в его окончательном виде с целью обеспечения эксплуатации ПО. В проекте УСПВ было принято абсолютно необходимым документировать каждый уровень разработки, причем таким образом, чтобы эта документация служила спецификациями для следующего уровня.

При этом не создавались никакие новые формы программных документов, а считалось, что вопросы стандартизации программной документации уже решены в рамках ЕСПД, которая представляет собой комплекс государственных стандартов, устанавливающих виды программных документов, стадии разработки программных проектов, требования к содержанию и оформлению программной документации. Само содержание документов в

свою очередь полностью соответствовало рекомендациям серии Z.100 МККТТ в редакции 1985 г.

Конструирование диалога с оператором УСРВ также выполнено на языке MML по рекомендациям Z.300 МККТТ (1985 г.). Был принят так называемый «дружественный оператору» интерфейс, который учитывает некоторые простые аспекты психологии оператора, взаимодействующего со сложной (а вернее, кажущейся сложной) системой, и позволяет создать для оператора более приятную и, в конечном счете, способствующую повышению производительности, обстановку. Диалог адаптируется к квалификации оператора, а нижний его уровень построен целиком в режиме меню.

Построение диалога происходит в соответствии со следующей системой правил:

```
<сообщение оператора> := <запрос> | < предписание > |  
<пароль> | <?>  
<запрос> := <запрос статистической информации> | < запрос конфигурации> |  
< запрос о значении и/или изменении станционного параметра> | <запрос о  
выработке телефонного оператора> | <?>  
и т.д.
```

Важность подсистемы ПО УСРВ обусловлена спецификой ступени коммутации справочной службы и предполагаемым местом ее размещения. Диалог на MML построен таким образом, чтобы эксплуатацией УСРВ мог заниматься любой оператор с минимальной подготовкой и возможно выполняющий эти обязанности по совместительству с другой работой в справочной службе.

Разработка рассмотренного в статье программного обеспечения УСРВ потребовала немногим более полутора лет и позволила практически оценить преимущества принимаемой методологии ведения программного проекта, а также эффективность большинства принятых в ПО УСРВ технических решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Повышение надежности ЭВМ благодаря хранению средств ПО в ПЗУ / Т. Д. Диль, Дж. Катоуски, К. С. Норрис, К. Робинсон // Электроника. – 1987. – 57. – № 23.
2. Гольдштейн Б. С. Технологические аспекты проектирования программного обеспечения цифровых систем коммутации. // Электросвязь. – 1988. – № 10.
3. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Том. I. – М.: Мир, 1976.

Получено 5.05.88