

Реализация мультиплексного протокола для GSM-модулей Siemens

Александр Седунов (Ленинградская обл.)

Статья знакомит читателей с мультиплексным протоколом для GSM-модулей Siemens, который позволяет реализовать дополнительные возможности управления и мониторинга. Приведено описание протокола и пример работы с модулем в виде программы на Delphi.

ВВЕДЕНИЕ

Область применения GSM-модулей и терминалов на их основе весьма обширна, и поэтому информация, позволяющая реализовать их дополнительные возможности, интересна многим разработчикам. В данном

цикле статей описывается мультиплексный протокол работы с GSM-терминалами и модулями фирмы Siemens, который основан на рекомендации ETSI 101.369. Существуют и другие производители GSM-модулей с поддержкой мультиплексного

протокола на основе этой рекомендации, например, фирмы Telit и Sony Ericsson. Однако при написании статьи использовалась документация именно от фирмы Siemens [1, 2], и полная применимость этой статьи к модулям других производителей не гарантируется.

Применение мультиплексного протокола позволяет улучшить качественные показатели разрабатываемых систем за счёт того, что появляется возможность работать одновременно по трём виртуальным каналам на основе одного физического канала

Таблица 1. Сравнение виртуальных каналов

Возможности каналов	Голосовые вызовы (входящие/исходящие)	Вызовы типа «Данные/факс» (входящие/исходящие)	Отправка и получение SMS	GPRS-соединение	Работа с телефонной книгой	AT-команды
Поддержка в первом канале	Да	Да	Да	Да, но не более двух каналов могут использоваться одновременно для передачи данных	Да	Да
Поддержка во втором и третьем каналах	Да	Нет	Да		Да	Да, за исключением команд для работы с вызовами типа «Данные/факс»

Таблица 2. Поле адреса

EA	C/R	DLCI (Data Link Connection Identifier)

Таблица 3. Использование бита C/R

Команда/ответ	Направление (на примере управления GSM-модулем с ПК)	Значение бита C/R
Команда (SABM, DISC)	ПК → GSM-модуль	1
	GSM-модуль → ПК	0
Ответ (UA, DM)	ПК → GSM-модуль	0
	GSM-модуль → ПК	1

Таблица 4. Назначения идентификаторов DLCI

	Номер DLCI (десятичный)	Приоритет
Контрольный канал мультиплексного протокола	0	0 (самый высокий)
AT-команды, данные, факс, GPRS	1	7
AT-команды, GPRS	2, 3	7

Таблица 5. Значения поля типа кадра

Тип кадра	1	2	3	4	5	6	7	8
SABM (set asynchronous balanced mode)	1	1	1	1	P/F	1	0	0
UA (unnumbered acknowledgement)	1	1	0	0	P/F	1	1	0
DM (disconnected mode)	1	1	1	1	P/F	0	0	0
DISC (disconnect)	1	1	0	0	P/F	0	1	0
UIH (unnumbered information with header check)	1	1	1	1	P/F	1	1	1

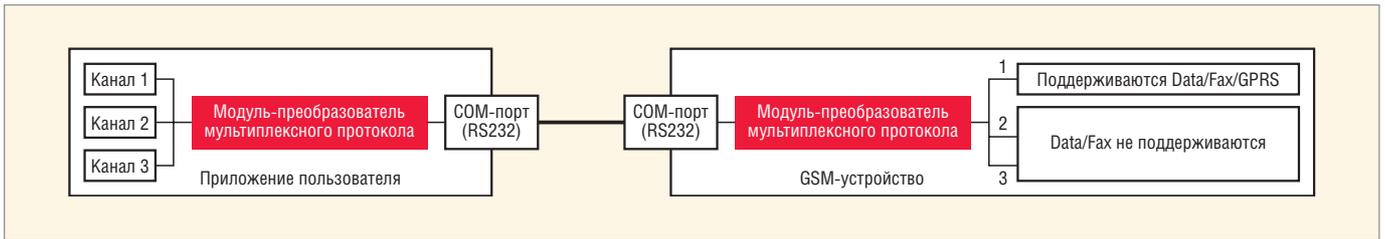


Рис. 1. Принцип работы мультиплексирования

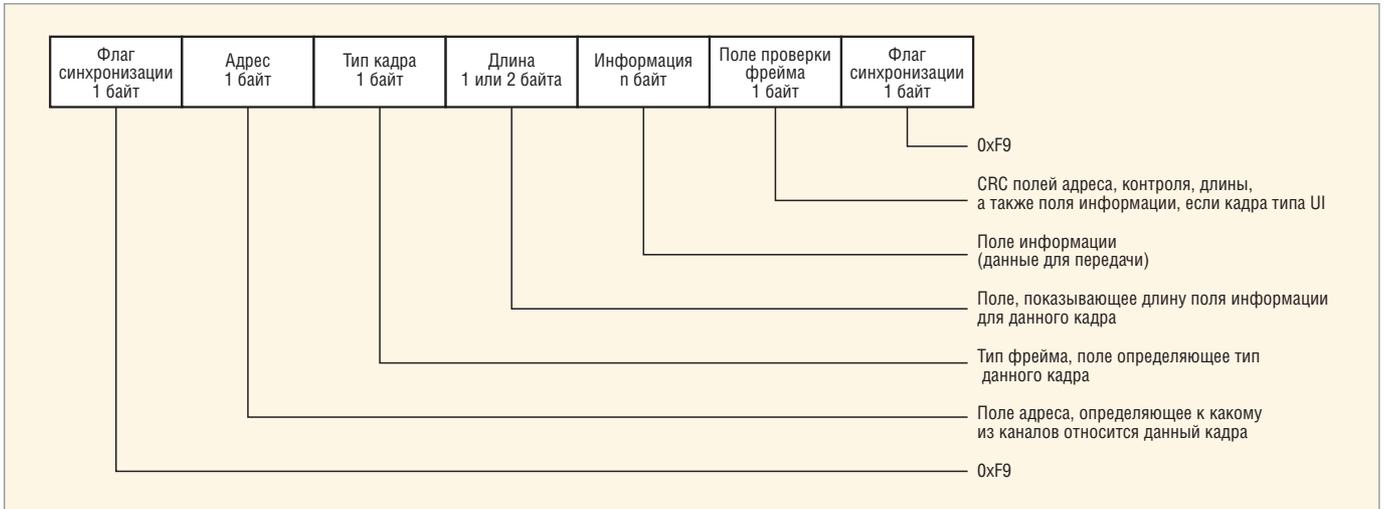


Рис. 2. Структура кадра (фрейма) данных

RS232: например, одновременно вести передачу данных или голосовой вызов в одном канале и работать с AT-командами по другим каналам (работать с SMS, проводить мониторинг уровня сигнала сети и др.) без применения второго канала RS232.

Приведу конкретный пример. Известно, что обычно закрытие соединения CSD происходит в два этапа – перевод GSM-модуля из режима передачи данных в командный режим и посылка AT-команды «повесить трубку» (ATH). Перевод модуля из режима данных в командный режим осуществляется специальной последовательностью: {1,5 секунды пауза}+++{1,5 секунды пауза}. Таким образом, на закрытие соединения уходит примерно 3 с. В случае применения мультиплексного протокола нет необходимости переходить в командный режим, чтобы послать AT-команду, поскольку команду ATH можно послать по второму виртуальному каналу и завершить соединение практически мгновенно. Исключение 3 с из сеанса связи помогает уложиться в нетарифицируемый интервал и уменьшить расходы на оплату услуг оператора сотовой связи. Но следует помнить, что возможности второго и третьего виртуального каналов уступают первому. В таблице 1

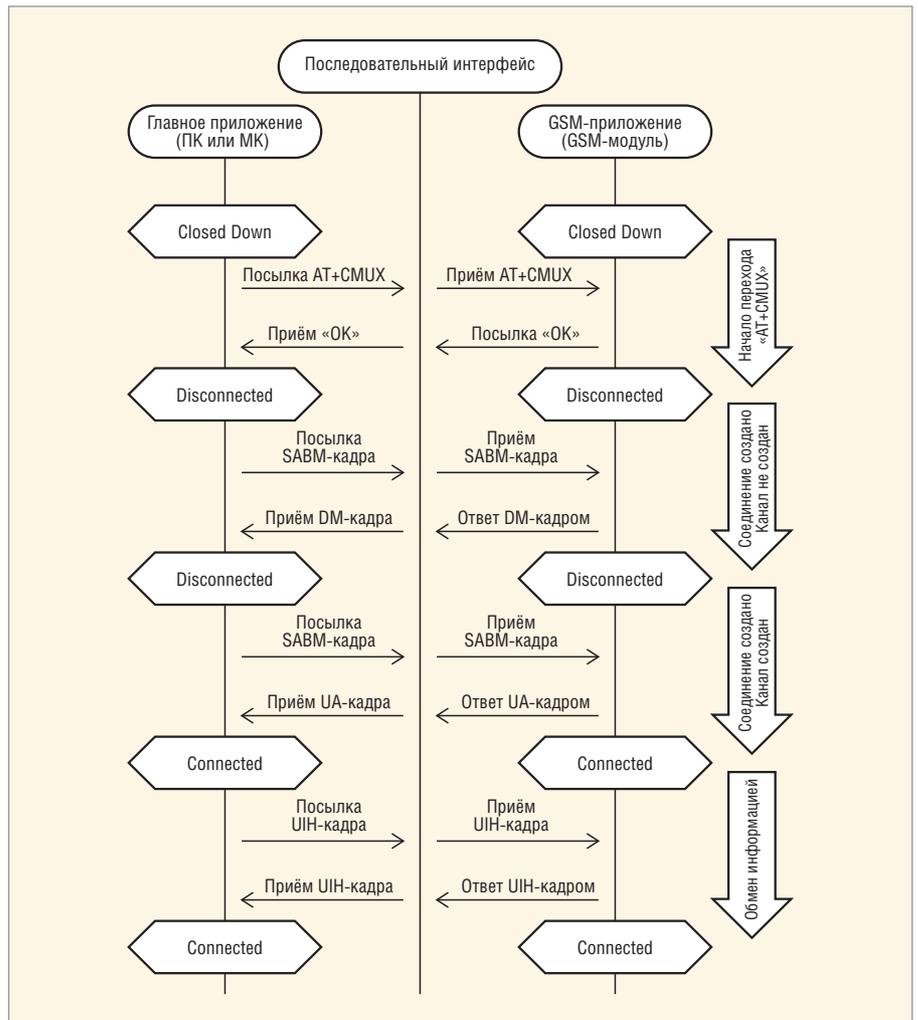


Рис. 3. Обобщённый принцип взаимодействия посредством кадров (фреймов)
 Ответ DM на запрос SABM не является обязательным; он показан как возможный

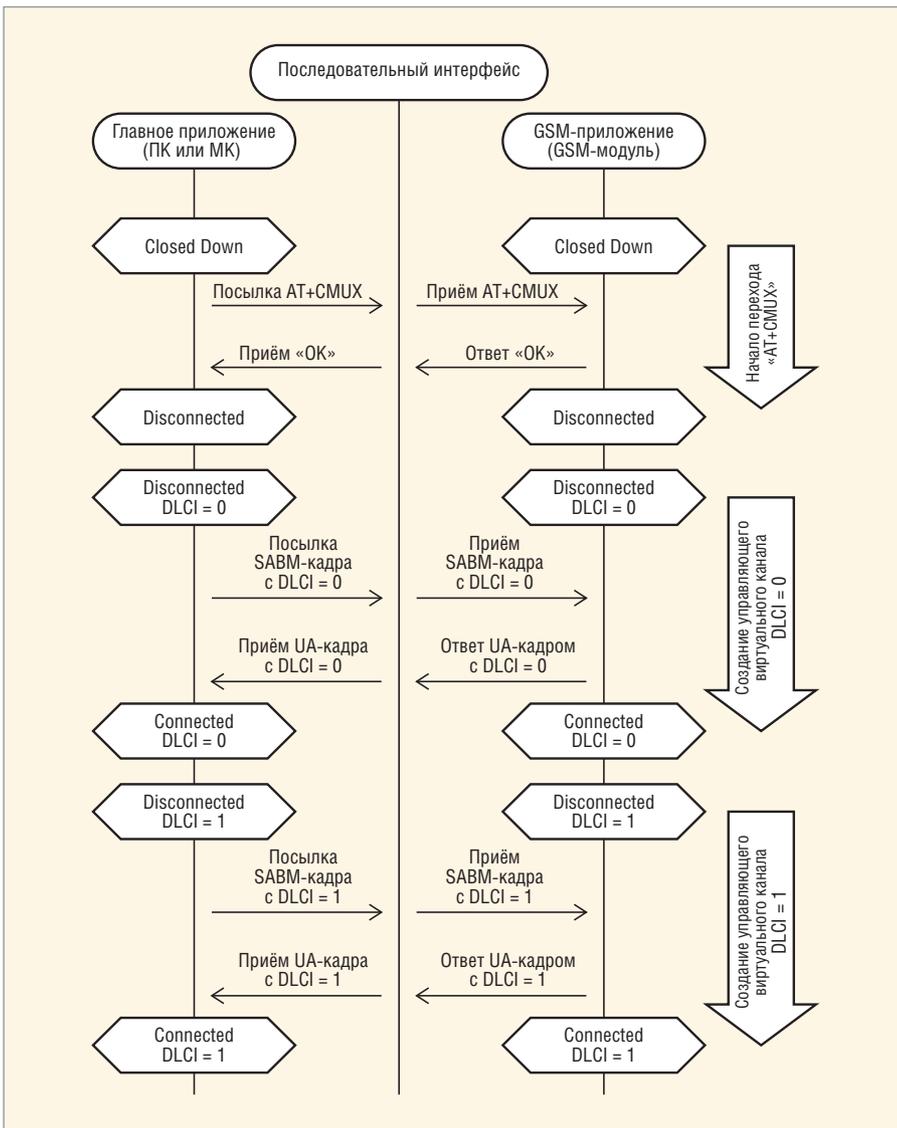


Рис. 4. Установка канала контроля и канала пользователя

приведено сравнение виртуальных каналов.

В общем случае разработчик может выбрать один из двух путей использования мультиплексного протокола в своих проектах. Первый – использовать готовый драйвер WinMux2k, позволяющий реализовать три виртуальных COM-порта, и обращаться к каналам в своей программе как к обычным последовательным портам. Второй – реализовать в своей программе поддержку мультиплексного протокола и ра-

ботать с модулем без программы-посредника.

Первый способ позволяет относительно быстро и просто реализовать дополнительные порты, но имеет некоторые недостатки. Так, вместо одной программы пользователю необходимо запускать две. Драйвер WinMux2k совместим только с ОС Windows 2000/XP, что ограничивает его применение (особенно во встраиваемых системах). Подробнее ознакомиться с информацией о драйвере можно в [3]. Второй способ

обеспечивает более контролируемое и универсальное решение. Далее рассмотрим подробно принципы действия протокола и его возможности, изучив которые, можно приступить к практическому освоению мультиплексного протокола в своих разработках.

ТЕХНОЛОГИЯ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ

В мультиплексном протоколе данные каждого виртуального канала передаются по очереди пакетами (кадрами) по физическому каналу RS232. На рисунке 1 показана технология мультиплексирования. Каждый из кадров несёт либо служебную информацию для нужд самого мультиплексного протокола, либо информацию одного из виртуальных каналов. Кадры начинаются и оканчиваются специальным байтом. Для контроля правильности передачи данных предусмотрено вычисление CRC для каждого кадра. Автоматическое повторение кадров, которые были переданы с ошибкой, не предусмотрено. Максимальное число логических каналов для пользователя – три. При этом есть ещё управляющий (служебный) канал, который обладает максимальным приоритетом. Этот канал используется для функционирования самого мультиплексного протокола.

В каждом кадре есть поле адреса, в котором содержится специальный идентификатор (DLCI: Data Link Connection Identifier), определяющий принадлежность данного кадра к одному из четырёх каналов. Сами виртуальные каналы называют Data Link Connection (DLC), т.е. выражение «создание DLC» можно понимать как создание настроек для соответствующего виртуального канала. Служебному каналу соответствует идентификатор DLCI = 0. Данные и вызовы факса передаются в логическом канале с идентификатором DLCI = 1. Остальные идентификаторы DLCI используют в командном режиме (AT-команды). Если используемый GSM-модуль Siemens поддерживает функцию GPRS, то возможно работать и через мультиплексный протокол. Согласно документации фирмы Siemens, одновременно для передачи данных GPRS могут быть использованы не более двух каналов. Переход в режим мультиплексного протокола и

Таблица 6. Значения поля длины кадра

1 байт							
Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7	Бит 8
E/A	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
2 байта (не поддерживается модулями Siemens)							
Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7	Бит 8
L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15

открытие логических каналов происходят в соответствии с определёнными правилами, которые будут рассмотрены ниже.

На рисунке 2 показана структура кадра. Рассмотрим каждое из его полей подробнее. Поле флага последовательности является специальным набором бит (11111001; шестнадцатеричный 0xF9), который используется, чтобы выделять начало и конец всех кадров; таким образом, достигается синхронизация кадров. Если два раза подряд (с учётом закрывающего флага предыдущего кадра – три флага подряд) принимается флаг последовательности, то кадр считается пустым и не рассматривается.

Поле адреса несёт в себе DLCI, который является идентификатором канала и содержит ещё два бита. Содержание поля показано в таблице 2.

Бит EA (extension bit) – бит расширения, предусмотренный для будущих версий протокола, в которых для поля адреса может потребоваться более одного байта. В рассматриваемой версии для поля адреса используется один байт, поэтому EA = 1. Бит C/R (Command/Response) определяет, яв-

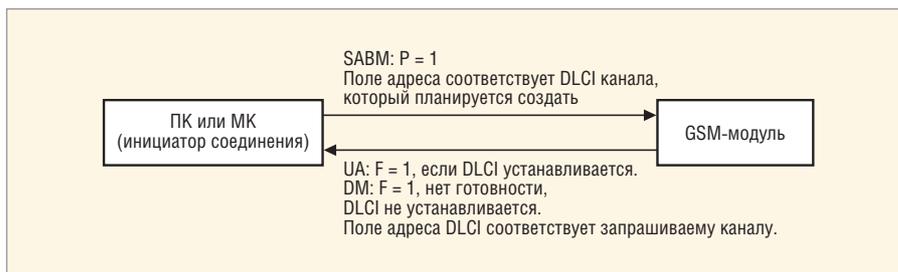


Рис. 5. Установка DLCI

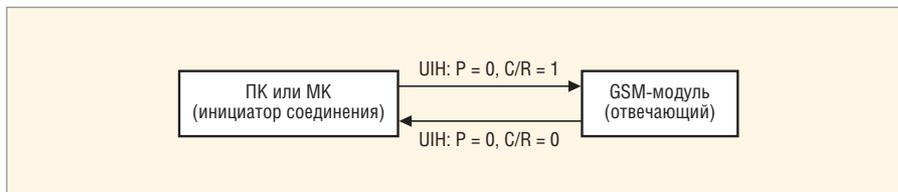


Рис. 6. Передача информации

ляется ли кадр командой или ответом. В таблице 3 приводятся значения бита C/R в зависимости от направления передачи. DLCI – идентификатор, который определяет отношение данного кадра к одному из каналов. Возможные значения DLCI приведены в таблице 4.

На каждую команду должен быть получен ответ. Автоматическое пов-

торение команды не предусмотрено, если ответ не получен. Поле типа кадра содержит информацию, определяющую тип кадра. Кадр SABM (set asynchronous balanced mode) посылается стороной, которая инициирует создание виртуального канала. Кадр UA (unnumbered acknowledgement) посылается в ответ на кадр SABM, если принимающая сторона правильно

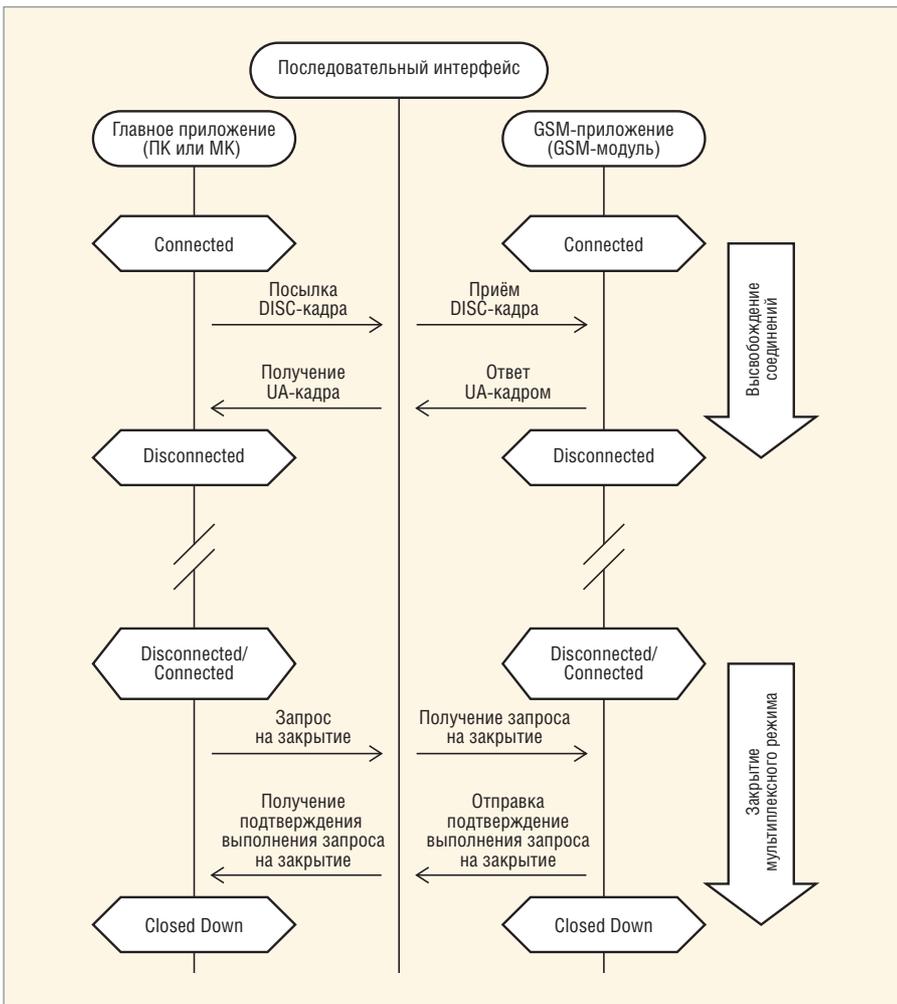


Рис. 7. Закрытие виртуальных каналов (DLC) и мультиплексного протокола

распознала кадр типа SABM и готова к организации виртуального канала. После выполнения этой процедуры виртуальный канал считается созданным.

Кадр DM (disconnected mode) тоже является ответным. Он посылается в ответ на кадр SABM в случае, когда приёмная сторона не готова к организации виртуального канала. Кадр DISC (disconnect) применяется для закрытия виртуального канала. Как и на кадр SABM, на кадр DISC должен прийти ответ в виде кадра UA или DM. Кадры UIH (unnumbered information with header check) несут информацию и используются после создания виртуального канала. В таблице 5 приведены значения рассматриваемого поля для каждого типа кадра.

Для синхронизации последовательности запрос-ответ используется бит P/F (Poll/final). Бит P/F равен единице, если необходимо, чтобы ближайший принятый кадр был ответом именно на данный посланный кадр, или если кадр является ответом. Ответ требуется на кадры SABM и DISC, – для этих кадров обычно используется первая буква названия бита P – poll (опрос). Для ответных кадров UA и DM используется буква F – final (конец). Для кадров типа UIH бит P/F равен нулю. Если в каком-то канале был послан кадр с P = 1, то следующий кадр с P = 1 можно посылать только после того, как придёт ответный кадр с F = 1.

Следует отметить, что мультиплексный протокол от ETSI предусматривает дополнительные типы кадров: UI

(Unnumbered Information), I (Information), RR (Receiver Ready), RNR (Receiver Not Ready) и REJ (Reject), но они не используются в модулях Siemens, поэтому не рассматриваются в данной статье.

Поле указания длины определяет размер передаваемых данных. Для GSM-модулей Siemens максимальный размер поля данных составляет 98 байт. Таким образом, бит E/A всегда равен 1 (для поля длины используется один байт). Установка E/A = 0 предусматривалась в стандарте GSM 07.10 для кадров с полем данных более 127 байт. Структура поля длины кадра приведена в таблице 6.

Поле информации содержит данные и может состоять из целого числа байтов, т.е. количество бит в этом поле всегда без остатка делится на восемь. Это поле существует только для кадров типа UIH (ненумерованная информация с проверкой заголовка). Чтобы передавать информационные поля, бит P/F в поле типа кадра устанавливается в 0, т.к. ответ на такой кадр не требуется.

Поле проверки кадра Frame Checking Sequence Field (FCS) предназначено для контроля ошибок при передаче данных и вычисляется с использованием полей адреса, поля контроля и поля длины. Это поле содержит значение CRC, которое вычислено передающей стороной. Получающая сторона выполняет то же вычисление, и если значение CRC, вычисленное на приёмной стороне, не соответствует результату, посланному передающей, то кадр считается искажённым и игнорируется. Поле проверки вычисляется для каждого кадра.

Следует отметить, что широко используемое (в том числе в документации Siemens по мультиплексному протоколу) выражение «контрольная сумма» (Checksum) – это обычно не сумма, а циклический избыточный код – Cyclic Redundancy Code (CRC). Существует множество формул для вычисления CRC. Подробнее про CRC можно узнать, например, из книги [4]. В нашем случае CRC = FCS получается по формуле:

$$FCS = \text{поразрядное дополнение} \left(R \frac{(X^7 + X^6 + X^5 + X^4 + X^3 + X^2 + X^1 + 1)X^k}{X^8 + X^2 + X^1 + 1} \oplus R \frac{(\text{сообщение})X^8}{X^8 + X^2 + X^1 + 1} \right)$$

где $R(p)$ = остаток от деления p (по модулю 2), k – число бит в сообщении, \oplus – операция XOR. Для получе-

ния дополнения до 1 все нули в двоичной записи числа заменяются на единицы, а все единицы – на нули.

Табличный алгоритм для практического вычисления CRC приводится, например, в [5].

ПЕРЕХОД В РЕЖИМ МУЛЬТИПЛЕКСНОГО ПРОТОКОЛА И ВЫХОД ИЗ НЕГО

Общий принцип перехода в режим мультиплексного протокола показан на рисунке 3, где обобщены возможные (не эталонные) взаимодействия между управляющим устройством (например, компьютером) и модулем на уровне типов кадров. Например, модуль может на первый же SABM-кадр ответить UA-кадром. Будем различать три состояния протокола, применяемые в документации Siemens: CLOSE DOWN – режим AT-команд (ничего из режима мультиплексного протокола ещё не работает), DISCONNECTED – режим, когда команда «AT+CMUX=0» уже послана, но виртуальные каналы не организованы, CONNECTED – виртуальные каналы готовы к использованию.

Выполнение AT-команды «AT+CMUX=0» запускает переключение из режима AT-команд в режим мультиплексного протокола. На обоих устройствах устанавливается состояние DISCONNECTED для всех каналов. Начинать установку мультиплексных каналов необходимо немедленно после отправки команды «AT+CMUX=0», иначе модуль через 5 с самостоятельно вернётся в режим AT-команд. Управляющий канал мультиплексора (его идентификатор DLCI = 0) должен быть установлен прежде всех остальных каналов с другими DLCI.

На рисунке 4 показана правильная последовательность установки каналов. Как и другие каналы, управляющий канал открывается кадром типа SABM. Модуль отвечает либо кадром типа UA, если канал с этим DLCI был установлен, либо кадром типа DM, если канал с этим DLCI не был установлен (см. рис. 5) При неполучении ответа не предусмотрено автоматическое повторение запроса. После того как установлен служебный логический канал, производится создание других логических каналов (DLC). Если DLC установлен успешно, состояние устройства для этого конкретного канала изменяется на CONNECTED. Если запрос неудачный, логический канал не может быть установлен и состояние устройства остаётся DISCONNECTED для этого конкретного канала.

Информация может пересылаться по всем каналам, которые находятся

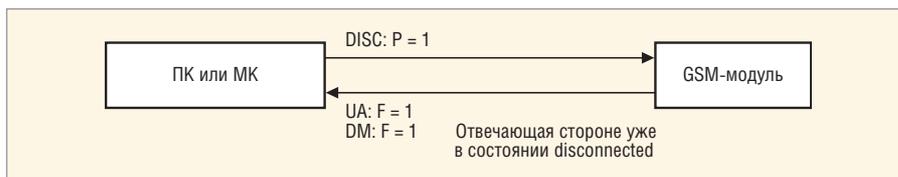


Рис. 8. Закрытие DLC

в состоянии CONNECTED. Управляющие команды могут быть переданы по управляющему каналу мультиплексора (DLCI = 0); другие каналы передают данные пользователя. Как уже говорилось ранее, информация передается в UIH-кадрах, формат которых представлен на рисунке 6.

Диаграмма выхода из мультиплексного протокола показана на рисунке 7: сперва посылкой команды закрытия кадра (см. рис. 8) разъединяются каналы со всеми DLCI (кроме канала с DLCI = 0). После этого передачей команды закрытия режима мультиплексного протокола CLD закрывается управляющий канал мультиплексора (DLCI = 0), и оба устройства возвращаются в режим AT-команд. Перед закрытием режима мультиплексного протокола рекомендуется убедиться, что канал никем не используется,

например, проверить, что сеансы передачи голоса, CSD или связи GPRS закончены и ответы на все AT-команды получены. Закрытие отдельных каналов (высвобождение DLC) возвращает устройства в режим DISCONNECTED (для этих каналов). При высвобождении управляющего канала мультиплексора (DLCI = 0) состояние переписывается на CLOSE DOWN.

ЛИТЕРАТУРА

1. Multiplexer User's Guide (DocID: Mux_guide_v07).
2. MC35 Multiplexer User's (DocID: MC35_UG_02_V02.00).
3. Multiplexer Driver Installation Guide (DocID: Mux_drv_inst_v04).
4. Williams R.N. Элементарное руководство по CRC алгоритмам обнаружения ошибок.
5. ETSI_GSM_MS_TE_multiplex_7.1.0.pdf. PP. 51, 52.

