

12/III-84



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

1389/84

P10-83-826

А.В.Алфименков, Р.Вебер, В.М.Северьянов

ПРОТОКОЛ ИНФОРМАЦИОННОГО КАНАЛА
МЕЖМАШИННОГО ОБМЕНА ASTRA

1983

1. Почему еще один новый протокол? В соответствии с семиуровневой моделью архитектуры открытых систем Международной организации стандартов ^{/1/} информационному каналу межмашинной связи отвечает второй уровень. Он предоставляет услуги для вышележащего транспортного уровня и пользуется средствами лежащего под ним физического уровня.

Основные функции протокола уровня информационного канала /см., например, ^{/2/} / таковы: выполнение инициализации канала и прекращение его работы; упаковка передаваемых данных в кадры и распаковка их в процессе приема; обмен управляющими кадрами с целью поддержания работоспособности канала; обеспечение прозрачности информационного канала, т.е. возможности включать в передаваемые данные любые кодовые комбинации; обеспечение средств для обнаружения искажений, возникающих в процессе транспортировки информации по физическому каналу, и процедур для их исправления; управление потоком кадров в канале и обеспечение синхронизации; управление физическим каналом, работающим, например, в полудуплексном режиме.

К настоящему времени разработан целый ряд протоколов информационного канала. Своеобразной классикой стал протокол BSC фирмы IBM ^{/3/}. Широко известная своими малыми ЭВМ фирма DEC разработала протокол DDCMP ^{/4/}. Как стандартный сейчас в мировой практике рассматривается протокол HDLC, отвечающий второму уровню рекомендации МККТТ X.25 ^{/5/}. Появились интегральные микросхемы, реализующие отдельные элементы протоколов информационного канала ^{/6/}.

Казалось бы, выбор велик, и нет смысла разрабатывать нечто новое. Однако когда мы приступили в 1981 г. к созданию программного обеспечения сети ЭВМ SONET ^{/7/}, то столкнулись со следующим положением вещей.

"Протокольные" микросхемы нашей промышленностью пока еще не выпускались. Для организации межмашинной связи используемых в Измерительном центре Лаборатории нейтронной физики ^{/9/} ЭВМ типа СМ-3, СМ-4, МЭРА-60, PDP-11 в данном случае были доступны только последовательные асинхронные интерфейсы, выполняющие на физическом уровне иерархии протоколов побайтовую передачу в дуплексном или полудуплексном режимах без подтверждения о приеме. Каждый байт аппаратно дополняется при передаче битом четности, при приеме этот бит /также аппаратно/ удаляется. Скорость в линии связи на доступных нам интерфейсах возможна до 9600 бод. Такому интерфейсу соответствует блок DL-11 фирмы DEC ^{/8/}. В первом варианте сети SONET приходилось использовать только

линии связи типа точка-точка, для которых нет необходимости иметь в протоколе средства адресации станций.

Приступая к нашим проблемам, мы не располагали подходящей программной реализацией какого-либо приемлемого протокола информационного канала. А значит, возник вопрос: какой протокол взять для реализации?

Протокол BSC появился одним из первых, он используется и поныне. Отдавая должное вкладу BSC в развитие протоколов вообще, мы все-таки сразу же от него отказались. BSC удобен для пересылки текстовых данных, нам же необходимо в основном работать со спектротрической информацией, т.е. двоичными данными. Для обеспечения прозрачности канала BSC использует технику вставки байтов (byte stuffing), что порождает большие накладные расходы на работу самого протокола.

Лучше в этом смысле выглядит протокол DDCMP. Прозрачность канала в нем обеспечивается счетчиком байтов, что снижает накладные расходы по сравнению с техникой вставки байтов. Но заголовки кадра у этого протокола состоит из восьми байтов, для нашей ситуации он представляется несколько утяжеленным.

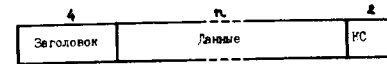
Большие симпатии мы испытывали к биториентированному протоколу HDLC, более молодому и пользующемуся популярностью /10/. Он имеет трехбайтовый заголовок кадра и минимальные накладные расходы за счет использования для обеспечения прозрачности канала техники вставки битов (bit stuffing). Но вот этот последний момент в сочетании с нашими по природе своей байториентированными интерфейсами типа DL-II стал основным препятствием на пути реализации протокола HDLC, поскольку вставку битов пришлось бы выполнять программно, что представляется весьма искусственным.

Еще одно соображение, повлиявшее на решение разработать новый протокол, заключается в том, что на уровне информационного канала сетевой иерархии протоколов в одной и той же сети возможна работа нескольких различных протоколов информационного канала, поскольку действие такого протокола в известном смысле локально и распространяется, как правило, на два смежных в сети узла.

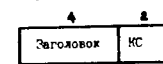
По этим причинам мы разработали свой протокол информационного канала и назвали его ASTRA (сокращение от Asynchronous Transmission). При его разработке мы опирались на опыт протоколов DDCMP и HDLC. В настоящей публикации дается общее описание этого протокола.

2. Основные характеристики. Протокол ASTRA является байт-ориентированным протоколом, а его название отражает тот факт, что он предназначен для использования с асинхронными последовательными физическими каналами связи типа точка-точка. Обе стороны /станции/ двухточечного физического канала связи равноправны, т.е. протокол полностью симметричен. Он может работать как в дуплексном, так и в полудуплексном режимах.

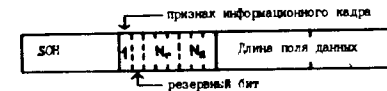
Информационный кадр или кадр данных:



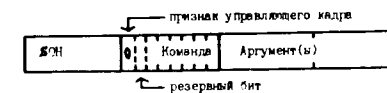
Управляющий или командный кадр:



а) Типы кадров



б) Заголовок информационного кадра



в) Заголовок управляющего кадра

Форматы кадров.

Структурной единицей информации, принятой в протоколе, является кадр. Используются кадры двух типов: информационные /или кадры данных/ и управляющие /или командные/. Кадры данных - это собственно переносчики полезной информации, а управляющие кадры служат для поддержания работы протокола. Каждый кадр имеет четырехбайтовый заголовок и состоящий из двух байтов хвостовик контрольной суммы /см. рис. а/. Контрольная сумма подсчитывается для всего кадра и служит для обнаружения ошибок, возникающих в результате искажений в канале, потери байтов и т.п. Протокол не ставит жестких требований на способ формирования контрольной суммы. Это может быть простая сумма, подсчитываемая последовательным сложением байтов кадра без учета арифметического переноса при шестнадцатибитовой разрядной сетке, или циклическая сумма, получаемая по какому-либо полиному. Важно лишь, чтобы процессы, реализующие протокол ASTRA на обоих краях одного двухточечного канала, придерживались одного и того же способа формирования этой проверяющей последовательности. Работа протокола при наличии ошибок описана в разделе 8, форматы кадров представлены в разделе 3.

Прозрачность информационного канала достигается за счет присутствия в заголовке кадра данных определенной длины поля данных. Поскольку для этой цели в заголовке отводятся два байта, то максимальная длина поля данных одного кадра составляет 65535 байтов.

В работе протокола различаются три фазы: соединение /активизация информационного канала/; обмен данными /активное состояние/; разъединение /переход в неактивное состояние/.

Запрос на соединение посылает та сторона информационного канала, у которой появились данные для передачи в то время, когда она считает канал неактивным. Вторая сторона отвечает на запрос, и обе они устанавливают активное состояние канала, после чего производится пересылка данных. Протокол в состоянии перейти к нормальной работе и в тех случаях, когда обе стороны "пожелали" войти в контакт одновременно, или одна из них хочет восстановить соединение, утерянное, например, из-за кратковременного сброса питания на этой стороне.

При обмене данными на каждый принятый кадр требуется подтверждение. Кадр данных считается переданным только после получения подтверждения о его правильном приеме. Подтверждение о правильном приеме может быть отправлено либо с помощью специального управляющего кадра, либо в заголовке встречного информационного кадра, если у стороны, от которой требуется подтверждение, есть данные, подлежащие передаче.

Подтверждения на каждый кадр незамедлительно не требуется - возможна посылка подтверждения целой группы кадров, что позволяет увеличить пропускную способность информационного канала. Чтобы избежать путаницы в такой ситуации, для идентификации информационных кадров используется их циклическая нумерация по модулю 8. Это означает, что можно, не ожидая немедленного подтверждения, отправить в канал до семи кадров данных. Управляющие кадры не нумеруются.

Для исключения "зависаний" канала используются сторожевые временные интервалы /или тайм-ауты/.

При получении искаженного кадра /ошибка по контрольной сумме, недопустимая команда, неправильный формат кадра и т.п./ в канал выдается управляющий кадр отказа от кадра с указанием причины отказа, а принятый с искажением кадр выбрасывается. Восстановление поврежденных кадров выполняется с помощью их повторной передачи. Потеря в результате искажений ожидаемого управляющего кадра обнаруживается с помощью тайм-аута.

Вследствие искажения кадров в канале может быть потеряна кадровая синхронизация. Для ее восстановления протокол использует специальную синхронизирующую последовательность /см. раздел 5/. Побайтовая и побитовая синхронизация осуществляется аппаратно блоком последовательного асинхронного интерфейса.

При необходимости выполнить разъединение связи пожелавшая этого сторона выдает в канал соответствующую команду /см. раздел 4/ и переходит в неактивное состояние.

Для управления потоком кадров в информационном канале пока оказалось достаточно команды отказа по причине отсутствия приемного буфера, которая является для передающей стороны приглашением к повторной передаче отвергнутого кадра в будущем. При необходимости для этой цели могут быть введены команды типа "Занят" и "Свободен", что легко можно сделать, так как существуют незанятые коды команд /см. раздел 3/.

3. Форматы кадров. Как видно из рис. а, информационный кадр состоит из трех полей: заголовка, данных и контрольной суммы. В управляющем кадре поле данных отсутствует.

Заголовки кадров обоих типов /рис. б и в/ начинаются байтом, содержащим код начала заголовка SOH /восьмеричное значение 201/. Формат заголовка кадра данных показан на рис.б, а заголовок командного кадра - на рис.в. Старший разряд второго байта заголовка определяет тип кадра: его единичное значение

индицирует кадр данных, а нулевое - кадр управляющий. Следующий бит второго байта в заголовках кадров обоих типов зарезервирован для будущего использования.

Второй байт информационного кадра несет два номера, задаваемых трехбитовыми полями: порядковый номер самого передаваемого кадра данных и номер последнего правильно принятого информационного кадра, который подтверждает правильность приема всех кадров данных вплоть до указанного номера. Далее в заголовке информационного кадра следует двухбайтовое поле длины, определяющее число байтов в поле данных.

Во втором байте управляющего кадра задается код передаваемой команды. Шестибитовое поле дает большой простор для ввода новых команд, если в них возникает необходимость, поскольку в настоящее время под команды задействовано только 5 кодов /см. раздел 4/. Два последующих байта заголовка управляющего кадра несут аргумент /или аргументы/ команды. В командах без аргументов содержимое этих двух байтов не используется.

Байты поля данных информационного кадра принимаются по счетчику, определяющему длину этого поля, и их содержимое никак не контролируется, за счет чего и достигается прозрачность информационного канала.

Кадры обоих типов оканчиваются двухбайтовым полем контрольной суммы, которая подсчитывается для всех байтов кадра, начиная с байта SOH.

4. Команды. Мы полагаем, что команды переносятся управляющими кадрами /хотя, конечно, можно было бы считать, что информационный кадр тоже переносит команду, которая говорит: "Принять данные заданной длины с указанным номером и считать правильно принятыми все данные вплоть до указанного номера", - в таком случае поле данных надо причислить к аргументам этой команды/. В настоящее время в протоколе ASTRA используется 5 команд /или 5 управляющих кадров/:

- | | |
|----------------|---|
| 1. START | - запрос на соединение; |
| 2. RESET | - подтверждение соединения; |
| 3. ACKNOWLEDGE | - подтверждение правильного приема кадров данных; |
| 4. REJECT | - отказ от кадра или сообщение о потере ответа; |
| 5. STOP | - разъединение. |

Рассмотрим каждую из команд подробнее.

START - команда порождается тем из процессов, реализующих протокол ASTRA на обоих концах канала, который желает вступить в контакт с противоположной стороной. Эта команда никаких аргументов не передает /оба байта аргументов равны нулю/.

RESET - выдается в ответ на команду START и означает готовность процесса, получившего запрос на соединение, вступить в контакт.

команду отказа, потерял синхронизацию и хотел бы получить синхропоследовательность для ее восстановления.

В настоящее время протокол ASTRA различает следующие типы ошибок, условно разбитые на три группы:

1/ ошибки оборудования: неправильная контрольная сумма; наложение байтов в приемнике; нет ответа из канала /сработал тайм-аут/;

2/ ошибки, связанные с протоколом более высокого уровня: нет буфера для приема кадра данных, приемный буфер слишком мал и не вмещает пришедшего кадра данных;

3/ форматные ошибки: неправильный заголовок кадра; неразрешенный код команды; неправильный аргумент команды; нарушение нумерации кадров данных.

Все типы ошибок обрабатываются примерно одинаково. При получении команды отказа REJECT с любым кодом ошибки выполняется повторная передача информационного кадра, если есть неподтвержденный кадр данных, или последнего посланного кадра команды. Если перед получением отказа в канал был отправлен кадр данных, на который теперь получено подтверждение, то в ответ на команду отказа в канал посылается команда подтверждения ACKNOWLEDGE. При ошибках третьей группы перед повторной передачей кадра выполняется проверка правильности его формата.

Ошибки первой и третьей групп сопровождаются запросом на синхропоследовательность. Ошибки второй группы не могут быть исправлены протоколом ASTRA, они требуют вмешательства протокола вышележащего уровня.

В попытках исправить положение повторная передача кадра может выполняться фиксированное число раз. Если с помощью повторных передач разрешить ситуацию не удастся, то процесс, реализующий протокол ASTRA, переходит к неактивному состоянию канала и сообщает на вышележащий уровень причину разрушения информационного канала.

Несколько слов об использовании сторожевых временных интервалов /тайм-аутов/. Сторожевой временной интервал /или тайм-аут/ устанавливается на время ожидания какого-либо события: при наступлении этого события в пределах интервала тайм-аут сбрасывается, в противном случае он срабатывает, сигнализируя об отсутствии ожидаемого события. В протоколе ASTRA задействовано 4 тайм-аута. Первый из них используется только при вхождении в связь, т.е. при активизации канала, для обнаружения отсутствия ответа от противоположной стороны. Второй ставится на время приема информационного кадра. Он взводится с приемом командного байта кадра данных и сбрасывается после приема контрольной суммы. Третий тайм-аут устанавливается на время ожидания подтверждения о правильном приеме кадра данных. Он взводится при окончании передачи кадра данных и сбрасывается при получении /явно или неявно/ подтверждения для этого кадра. Четвертый тайм-аут запускается при срабатывании любого из двух предыдущих

и перезапускается автоматически, обеспечивая передачу отказов с кодом ошибки по срабатывании тайм-аута. Любая пришедшая из канала команда сбрасывает этот тайм-аут. Если команд нет, то посылка отказов с ошибкой по тайм-ауту производится фиксированное число раз, после чего реализующий протокол процесс выходит из активного состояния канала.

9. Заключение. Протокол ASTRA уже длительное время применяется для связи нескольких пар ЭВМ в сети SONET, где используется как составная часть иерархии протоколов сети. Была опробована работа протокола по коммутируемым телефонным линиям связи. Помимо этого, протокол ASTRA применяется вне иерархии сетевых протоколов для организации связи в двухмашинном комплексе измерительного модуля одной из экспериментальных установок реактора ИБР-2. К настоящему времени протокол реализован в операционных системах IAS и RT-11 на ЭВМ PDP-11/70, CM-3, CM-4, MERA-60. Он показал надежную работу и способность успешно решать трудные ситуации, возникающие при работе информационного канала.

Хотя протокол ASTRA рассчитан на последовательные асинхронные линии связи, по-видимому, без всяких переделок его можно использовать с параллельными 8-битовыми каналами. Однако авторам делать этого пока не пытались. Несмотря на то, что этот протокол разрабатывался как составная часть иерархии протоколов сети, он имеет самостоятельное значение и может использоваться вне этой иерархии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Reference Model of Open Systems Architecture. ISO/TC97/SC16, No. 227, Aug. 1979.
2. Якубайтис Э.А. Архитектура вычислительных сетей. "Статистика", М., 1980.
3. Сипсер Р. Архитектура связи в распределенных системах. "Мир", М., 1981.
4. Digital Data Communications Message Protocol. Specification. Version 4.0. Digital Equipment Corporation, Maynard, Massachusetts, 1978.
5. Draft Revised CCITT Recommendation X.25, ACM Computer Communication Review 10. 1&2, 1980; p. 56-129. (CCITT Plenary, Geneva, Nov. 1980).

6. Data-link control chips: bringing order to data protocols. Electronics/June 8, 1978.
7. Александрова И.В. и др. ОИЯИ, 10-32-407, Дубна, 1982.
8. Interface Manual DL-11 Asynchronous Line. Digital Equipment Corporation, Maynard, Massachusetts, 1973.
9. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, 10-82-351, Дубна, 1982.
10. Лайх Х. ОИЯИ, P11-80-384, Дубна, 1980.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	2 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D2,4-83-179	Труды XU Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Алфименков А.В., Вебер Р., Северьянов В.М. P10-83-826
Протокол информационного канала межмашинного обмена ASTRA

Описан протокол информационного канала ASTRA, соответствующий второму уровню семиуровневой модели иерархии протоколов открытых систем МОС. Это байториентированный симметричный протокол, предназначенный для работы с асинхронными последовательными каналами связи типа точка-точка, он поддерживает как дуплексный, так и полудуплексный режимы. При его разработке учтен опыт протоколов DDCMP и HDLC. Этот протокол разрабатывался как составная часть иерархии протоколов локальной сети SNET, однако он может использоваться и вне этой иерархии.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Alfimenkov A.V., Weber R., Severianov V.M. P10-83-826
ASTRA - An Information Channel Protocol for Intercomputer Exchange

The ASTRA information channel protocol that corresponds to the second level of the 7-level protocol hierarchy of the Open System Interconnections Model, produced by the ISO, is described. The protocol is symmetrical, byte-oriented one, designed to work on asynchronous sequential point-to-point data links. It supports half-duplex and full duplex operation modes. It was designed as a part of the SNET local area network protocol hierarchy, however it can be used outside this hierarchy.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.