

Лекция 27-1

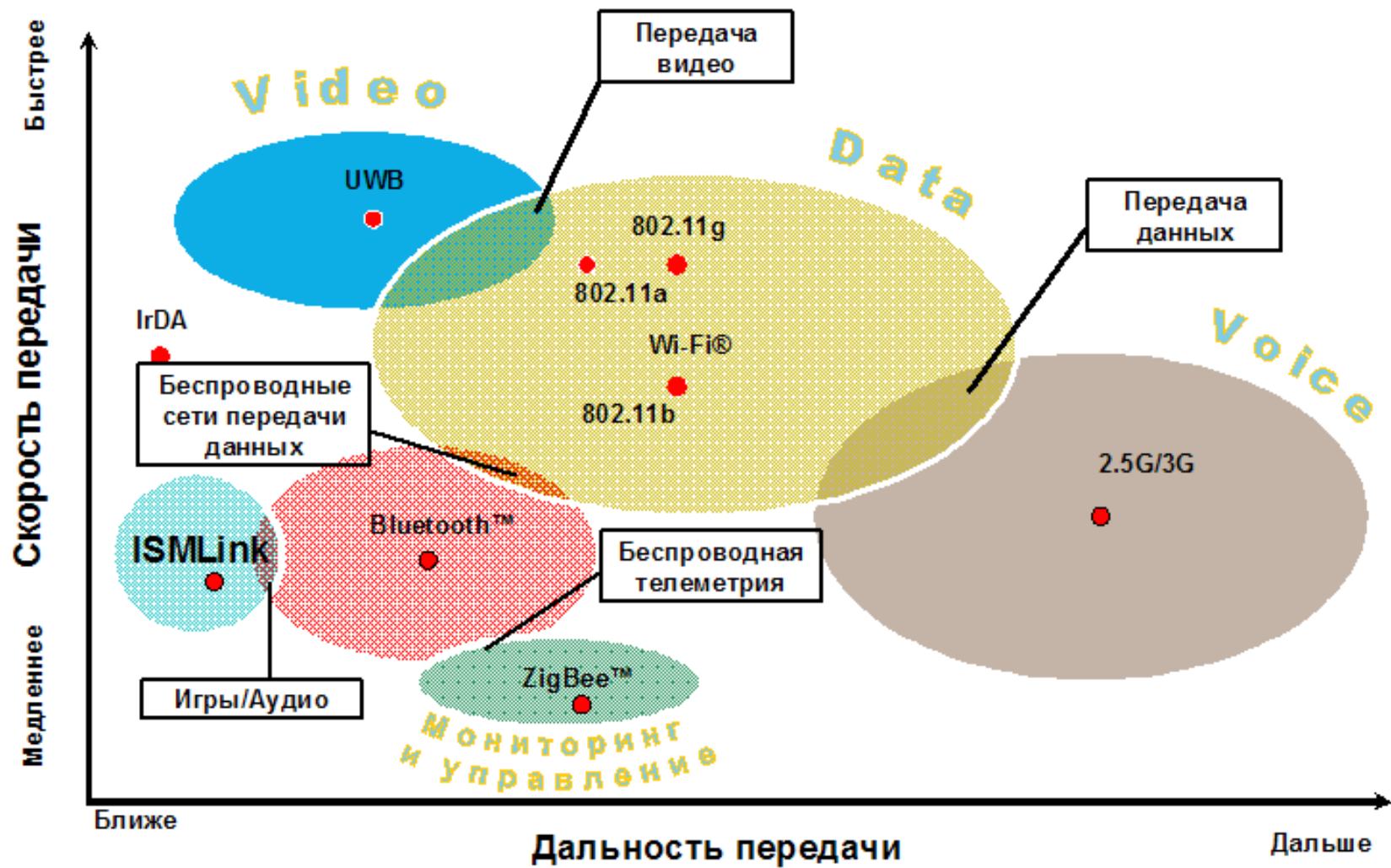
Последовательный инфракрасный порт IrDA - Infra red Data Assotiation


Гук М.

Г93 Аппаратные интерфейсы ПК. Энциклопедия. —

СПб.: Питер, 2002. — 528 с.: ил.

Стандарты беспроводной связи






При передаче данных протокол IrDA обеспечивает пропускную способность от 4 до 16 Мбит/сек. Более высокая скорость достигается с помощью протокола Very Fast Infrared (VFIR), который спроектирован специально для передачи больших файлов между цифровыми камерами, сканерами и персональными компьютерами.

К основным недостаткам беспроводного обмена информацией по инфракрасным каналам относятся:

- недостаточная степень мобильности
- проблема препятствий.

Поэтому для создания систем управления информационной поддержки имеет смысл рассматривать технологии беспроводной радиосвязи.




Используется
источник света (850–900 nm с 880 nm пиком),
фотодатчик,
последовательный порт.

Взаимодействие устройств происходит на небольшом расстоянии и при условии "прямой видимости". В июне 1994 года ассоциация IrDA (Infra red Data Association) опубликовала спецификацию последовательного ИК-порта.

В домашнем компьютере на большинстве материнских плат имеется разъем для подключения ИК-порта (сам порт продается отдельно), скорость передачи в данном случае почти такая же, как и у RS-232C (от 2,4 до 115 Кбит/сек).

Передача данных идет асинхронно в обоих направлениях. Для обнаружения ошибок используется циклический код CRC-8 в коротких пакетах и CRC-16 -в длинных.




В октябре 1995 IrDA предложила следующую версию ИК-порта, работающего со скоростью до 4 Мбит/сек в пределах 1-2 метров видимости.

В данном случае обмен данными происходит синхронно, а для обнаружения ошибок уже используется CRC-32.

Некоторые производители предлагают свои оригинальные разработки ИК-портов (для сканеров и принтеров), которые способны передавать данные на скорости от 2 до 16 Мбит/сек.

Инфракрасный порт можно встретить в беспроводных клавиатурах, джойстиках и интерфейсах «мобильный телефон<->ноутбук».



Сам порт IrDA основан на архитектуре коммуникационного COM-порта ПК, который использует универсальный асинхронный приемо-передатчик UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter).

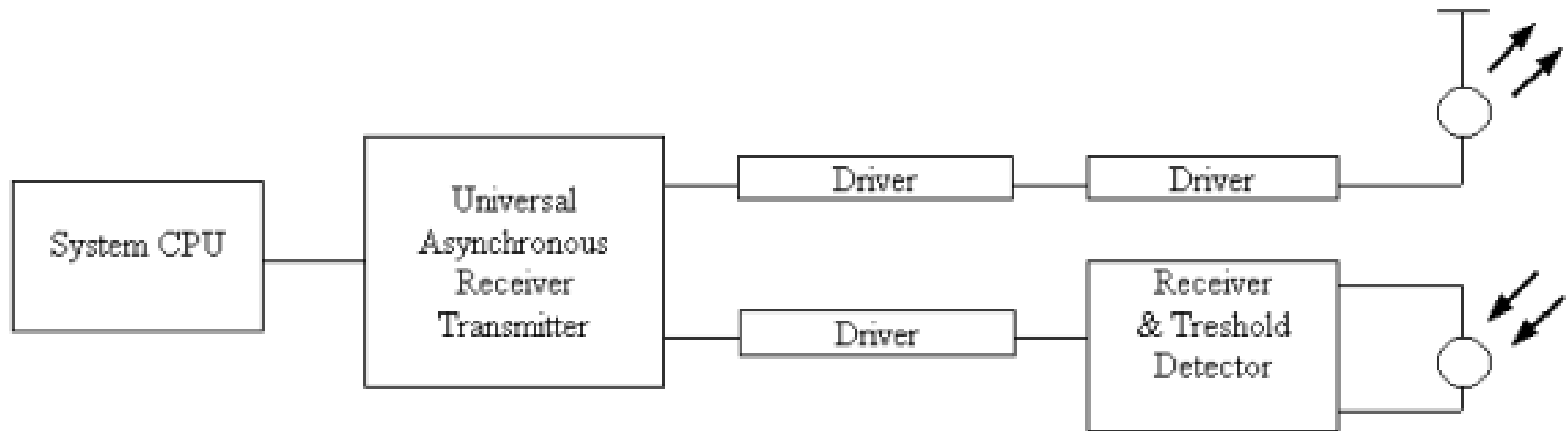
Связь в IrDA полудуплексная, т.к. передаваемый ИК-луч неизбежно засвечивает соседний PIN (p-i-n)-диодный усилитель приемника.

Воздушный промежуток между устройствами позволяет принять ИК-энергию только от одного источника в данный момент.

.

Схема интерфейса IrDA

Архитектура порта IrDA



Устройство инфракрасного интерфейса подразделяется на два основных блока:

преобразователь (модули приемника-детектора и диода с управляющей электроникой)

кодер-декодер.

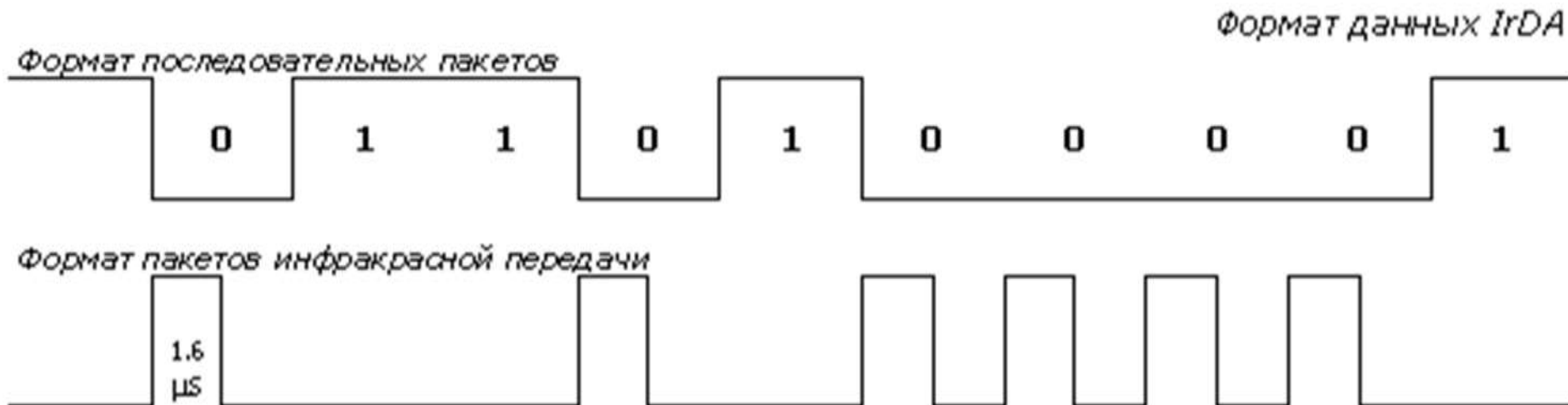
Блоки обмениваются данными по электрическому интерфейсу, в котором в том же виде транслируются через оптическое соединение, за исключением того, что здесь они пакуются в кадры простого формата – данные передаются 10bit символами, с 8bit данных, одним старт-битом в начале и одним стоп-битом в конце данных.

Передающую часть

Байт, который требуется передать, посылается в блок UART из CPU командой записи ввода-вывода.

UART добавляет старт-стоп биты и передает символ последовательно, начиная с младшего значения бита.


Стандарт IrDA требует, чтобы все последовательные биты кодировались таким образом: логический "0" передается одиночным ИК-импульсом длиной от 1.6 ms до 3/16 периода передачи битовой ячейки, а логическая "1" передается как отсутствие ИК-импульса.



Передающую часть

Минимальная мощность потребления гарантируется при фиксированной длине импульса 1.6 ms.

По окончании кодирования битов необходимо возбудить один или несколько ИК-светодиодов током соответствующего уровня, чтобы выработать ИК-импульс требуемой интенсивности. Стандарт IrDA требует, чтобы интенсивность излучения в конусе $\pm 30^\circ$ была в диапазоне 40–50 mW/Sr, причем ИК-светодиод должен иметь длину волны 880 nm. Радиальная чувствительность приемника и длины связи диктуются, исходя из требований самой спецификации IrDA.



Спецификация IrDA определяет **требования к мощности передатчика и чувствительности приемника**, причем для приемника задается как **минимальная, так и максимальная** мощность ИК-лучей.

Импульсы слишком малой мощности приемник не «увидит», а слишком большая мощность «ослепляет» приемник — принимаемые импульсы сольются в неразличимый сигнал.

Кроме полезного сигнала на приемник воздействуют помехи:

- засветка солнечным освещением и лампами накаливания, дающая постоянную составляющую оптической мощности,
- помехи от люминесцентных ламп, дающие переменную (но низкочастотную) составляющую.

Эти помехи приходится фильтровать.

Минимальная мощность потребления гарантируется при фиксированной длине импульса 1.6 ms.

По окончании кодирования битов необходимо возбудить один или несколько ИК-светодиодов током соответствующего уровня, чтобы выработать ИК-импульс требуемой интенсивности.

Светодиод дает конус эффективного излучения с углом около 30° . В качестве приемника используют PIN-диоды, эффективно принимающие ИК-лучи в конусе 15° .

Стандарт IrDA требует, чтобы интенсивность излучения в конусе 30° была в диапазоне 40–50 mW/Sr, причем ИК-светодиод должен иметь длину волны 880 nm. Радиальная чувствительность приемника и длины связи диктуются, исходя из требований самой спецификации IrDA.

Переданные ИК-импульсы поступают на PIN-диод, преобразующий импульсы света в токовые импульсы, которые усиливаются, фильтруются и сравниваются с пороговым уровнем для преобразования в логические уровни. Протокол IrDA требует, чтобы приемник точно улавливал ИК-импульсы мощностью от 4 mW/sm² до 500 mW/sm² в угловом диапазоне $\pm 15^\circ$.


Помехи (дополнение к слайду 10)

Для ИК-излучения существует два источника интерференции (помех):

Основной - солнечный свет (в нем преобладает постоянная составляющая). Правильно спроектированные приемники должны компенсировать большие постоянные токи через PIN-диод.

Другой источник помех — флуорисцентные лампы — часто применяются для общего освещения.

Хорошо спроектированные приемники должны иметь полосовой фильтр для снижения влияния таких источников помех. Вероятность ошибок связи будет зависеть от правильного выбора мощности передатчика и чувствительности приемника. В IrDA выбраны значения, гарантирующие, что описанные выше помехи не будут влиять на качество связи.




Спецификация IrDA обеспечивает уровень битовых ошибок (Bit Error Ratio, BER) не более 10^9 при дальности до 1 м и дневном свете (освещенность до 10 Клк).

(Люкс равен освещённости поверхности площадью 1 м² при световом потоке падающего на неё излучения, равном 1 лм.)


Поскольку передатчик почти неизбежно вызывает засветку своего же приемника, вводя его в насыщение, приходится задействовать полудуплексную связь с определенными временными зазорами при смене направления обмена. Для передачи сигналов используют двоичную модуляцию (есть свет — нет света) и различные схемы кодирования.

Спецификация IrDA определяет многоуровневую систему протоколов, которую рассмотрим снизу вверх. Ниже перечислены варианты, возможные на физическом уровне IrDA.



В настоящее время действует стандарт IrDA 1.1, наряду с которым существуют и собственные системы фирм Hewlett Packard и Sharp — ASK IR (Amplitude Shifted Keyed IR). Эти интерфейсы обеспечивают следующие скорости передачи:

- IrDA SIR (Serial Infra Red), HP-SIR - 9,6-115,2 Кбит/с;
- IrDA HDLC, известный и как IrDA MIR (Middle Infra Red) - 0,576 и 1,152 Мбит/с;
- IrDA FIR (Fast Infra Red) - 4 Мбит/с;
- ASK IR - 9,6-57,6 Кбит/с.



IrDA SIR — для скоростей 2,4-115,2 Кбит/с используется стандартный асинхронный режим передачи (как в COM-портах): старт-бит (нулевой), 8 бит данных и стоп-бит (единичный). Нулевое значение бита кодируется импульсом длительностью 3/16 битового интервала (1,63 мкс на скорости 115,2 Кбит/с), единичное — отсутствием импульсов (режим IrDA SIR-A). Таким образом, в паузе между посылками передатчик не светит, а каждая посылка начинается с импульса старт-бита. В спецификации 1.1 предусмотрен и иной режим — IrDA SIR-B, с фиксированной длительностью импульса 1,63 мкс для всех этих скоростей.

ASK IR — для скоростей 9,6-57,6 Кбит/с также используется асинхронный режим, но кодирование иное: нулевой бит кодируется посылкой импульсов с частотой 500 кГц, единичный — отсутствием импульсов.

IrDA HDLC — для скоростей 0,576 и 1,152 Мбит/с используется синхронный режим передачи и кодирование, аналогичное протоколу SIR, но с длительностью импульса 1/4-битового интервала. Формат кадра соответствует протоколу HDLC, начало и конец кадра отмечаются Флагами 01111110, внутри кадра эта битовая последовательность исключается путем вставки битов (bit stuffing). Для контроля достоверности кадр содержит 16-битный CRC-код.

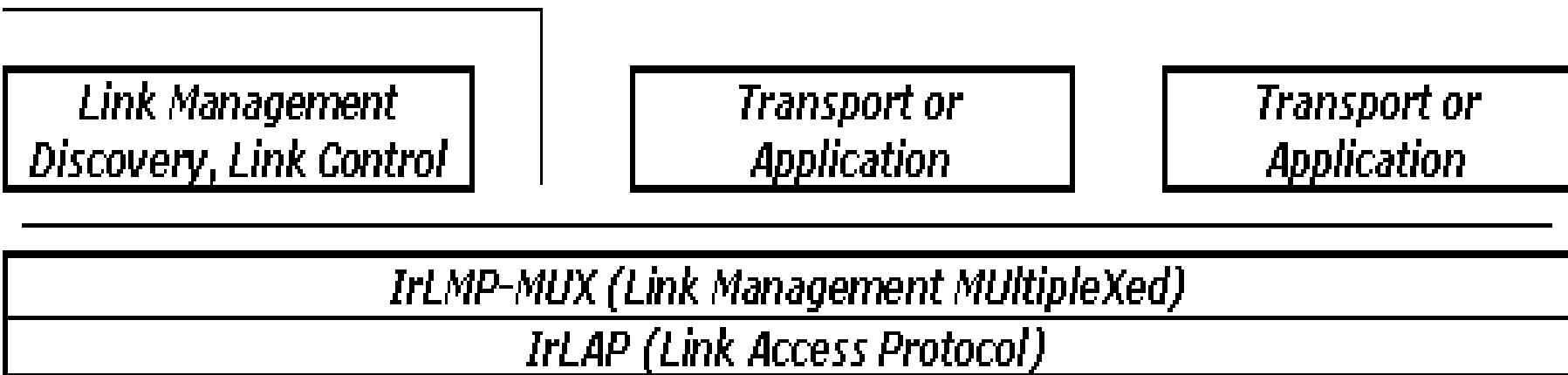
IrDA FIR (IrDA4PPM) — для скорости 4 Мбит/с также применяется синхронный режим, но кодирование несколько сложнее. Здесь каждая пара смежных битов кодируется позиционно-импульсным кодом:
00 → 1000, 01 → 0100, 10 → 0010, 11 → 0001

(в четверках символов «1» означает посылку импульса в соответствующей четверти двухбитового интервала). Такой способ кодирования позволил вдвое снизить частоту включения светодиода по сравнению с предыдущим. Постоянство средней частоты принимаемых импульсов облегчает адаптацию к уровню внешней засветки. Для повышения достоверности применяется 32-битный CRC-код.

Стандарт IrDA включает в себя стек протоколов трех согласованных обязательных уровней:


- IrPL (Physical Layer),
- IrLAP (Link Access Protocol)
- IrLMP (Link Management Protocol).

Программная структура IrDA



Физический уровень

(Physical Layer). Спецификация этого протокола устанавливает стандарты для Ir-трансиверов, методов модуляции и схемы кодирования/декодирования, а также ряд физических параметров. Стандарт предусматривает использование длины волны в диапазоне 850–900 nm. Минимальная и максимальная интенсивность передатчика (как уже говорилось) составляет 40–50 m W/Sr соответственно внутри 30° конуса. Для стандарта IrDA (скорость передачи данных 115.2Kbps) схема кодирования аналогична используемой в традиционной UART: бит старта ("0") и стоп-бит ("1") добавляются перед и после каждого байта соответственно. Но вместо схемы NZR (Non-Return to Zero) используется кодировка, подобная RZ (Return to Zero), т.е. двоичный "0" кодируется единичным импульсом, а "1" — его отсутствием.



Кадры отделяются друг от друга байтами Escape-последовательности, содержащимися в теле самого кадра. Для определения ошибок (EDt — Error Detection) используется 16bit циклическая контрольная сумма. Например, уже в стандарте IrDA 1.1 для протокола обмена 1.152Mbps (синхронизация выполняется как в протоколе HDLP — High-level Data Link Protocol высокого уровня) и 4Mbps (использование 4-PPM — Pulse-Phase Modulation) старт-бит и стоп-бит не применяются. Так, фреймы, получаемые от более высокоуровневого протокола IrLAP, вкладываются в поле данных фреймов SIR, согласно используемому методу кодирования. Стандарт не содержит обязательных вариантов реализации этой процедуры и допускает варьирование алгоритмов в зависимости от возможностей конкретного оборудования. В зависимости от скорости соединения предлагаются методы кодирования: асинхронный (ASYNC, 9600–115200 bps), синхронный (HDLC, 0.576–1.152 Mbps) и 4-PPM (4Mbps).

Программный протокол

- . Он включает в себя: IrLAP (Link Access Protocol), занимающийся разбиением данных на блоки, контролем ошибок и другими функциями низкого уровня, и IrLMP (Link Management Protocol), позволяющий по одной ИК-линии обмениваться данными между несколькими приложениями. Данный протокол базируется на существующих стандартах асинхронной полудуплексной передачи данных HDLC и SDLC.


(Протоколы SDLC (Synchronous Data Link Control — управление синхронным звеном информации) и HDLC (High-level Data Link Control — высокоуровневое управление звеном транспортировки информации) относятся ко второму уровню модели OSI.)

Структура доступа IrLAP


<i>Applications</i>	
<i>IrLMP-IAS-Services</i>	<i>Transport Services</i>
<i>IrLMP-MUX</i>	
<i>IrDA IrLAP</i>	

Протокол IrLAP устанавливает правила доступа к ИК-среде, процедуры открытия канала, согласование абонентов сети, обмена информацией и т.д.

Протокол управления каналом IrLMP является обязательным, однако его некоторые особенности могут быть опциональными. Каждое устройство IrDA содержит таблицу сервисов и протоколов, доступных в настоящий момент. Эта информация может запрашиваться у других устройств. Мультиплексор администратора соединений и его схема управления позволяют нескольким приложениям обмениваться данными по одному физическому соединению. Протокол IrLMP содержит два компонента: LM-IAS (Link Management Information Access Service) и LM-MUX (Link Management MULTipleXed). LM-IAS управляет информационной базой так, что станции могут запросить, какие службы предоставляются.



Над физическим уровнем расположен протокол доступа IrLAP (IrDA Infrared Link Access Protocol) — модификация протокола HDLC, отражающая нужды ИК-связи. Этот протокол инкапсулирует данные в кадры и предотвращает конфликты устройств: при наличии более двух устройств, «видящих» друг друга, одно из них назначается первичным, а остальные — вторичными. Связь всегда полудуплексная. IrLAP описывает процедуру установления, нумерации и закрытия соединений. Соединение устанавливается на скорости 9600 бит/с, после чего согласуется скорость обмена по максимуму из доступных обоим (9,6,19,2,38,4,57,6 или 115,2 Кбит/с) и устанавливаются логические каналы (каждый канал управляется одним ведущим устройством).




Над IrLAP располагается протокол управления соединением IrLMP (IrDA Infrared Link Management Protocol).

С его помощью устройство сообщает остальным о своем присутствии в зоне охвата (конфигурация устройств IrDA может изменяться динамически: для ее изменения достаточно поднести новое устройство или отнести его подальше). Протокол IrLMP позволяет обнаруживать сервисы, предоставляемые устройством, проверять потоки данных и выступать в роли мультиплексора для конфигураций с множеством доступных устройств. Приложения с помощью IrLMP могут узнать, присутствует ли требуемое им устройства в зоне охвата. Однако гарантированной доставки данных этот протокол не обеспечивает.

Устройства, соответствующие стандарту IrDA, перед началом передачи должны в первую очередь попытаться выявить (прочитать) нет ли в ближайшей окрестности активности в ИК-диапазоне, установить не ведется ли какая-либо передача в пределах его досягаемости.

Если такая активность обнаружена, то программе, выдающей запрос, посылается соответствующее сообщение, а сам блок откладывает передачу. Поскольку оба соединяющихся устройства могут быть компьютерами (а не компьютер и принтер, или клавиатура, мышь), то любое из них может быть ведущим. Выбор зависит от того, какое устройство первым проявит инициативу.

Инфракрасная технология поддерживает только однонаправленную передачу информации, поэтому, в следствие полудуплексной природы SIR, возникла архитектура с одним главным (первичным) и множественными подчиненными (вторичными) устройствами. Схема обращения устройств представляет собой обычный протокол обмена данными, где есть фазы запросов (Request) и ответов (Response). Так, первичное устройство отвечает за организацию соединения, обработку ошибок, и посланные им фреймы называются управляющими (Command Frames), а пакеты вторичных устройств именуются ответными (Response Frames).



Каждое устройство имеет 32bit адрес, вырабатываемый случайным образом при установлении соединения. Каждому кадру в пределах соединения ведущее устройство при старте присваивает 7bit-адрес соединения. Для возможных, но нежелательных случаев, когда два устройства имеют одинаковый адрес, предусмотрен такой механизм, когда ведущее устройство дает команду всем подчиненным устройствам изменить их адреса. В процессе установления связи два устройства "договариваются" о максимальной скорости, с которой они оба могут работать. Все первичные передачи, выполняемые до фазы переговоров, по умолчанию ведутся на скорости 9,6 Kbps.

VFIR (Very Fast IR) — дополнение к стандарту IrDA, позволяющее повысить скорость передачи данных до 16Mbps. Введен новый формат фрейма, в котором первым идет поле преамбулы (Preamble), состоящее из 240bit или слотов, после IrLAP-фрейма и контрольной суммы — поле FB (Flush Byte — 8 нулевых бит), в конце — поле Null (24 нулевых бита). Вся переданная информация кодируется по алгоритму ННН, обеспечивающему от 1 до 13 пустых слотов между импульсами. Конечно, необходимые изменения были сделаны и в протоколе IrLAP: добавлено обозначение для скорости 16Mbps в поле Baud Rate, а также увеличен максимально возможный размер окна с 7 до 127 фреймов.