

Беспроводные системы ПД

Лекция 10

Семейство протоколов ИК передачи данных Infra red Data Assotiation

InfraRed Data Association — IrDA — ИК-порт — группа стандартов, описывающая протоколы физического и логического уровня передачи данных с использованием инфракрасного диапазона световых волн в качестве среды передачи. Является разновидностью оптической линии связи ближнего радиуса действия.

В 1993 году на общепромышленном совещании, организованном компанией Hewlett-Packard был сформирован консорциум всех ведущих компаний, названный *Ассоциацией инфракрасной передачи данных*. В июне 1994 года была объявлена первая одноименная версия стандарта, включающая физический и программный протоколы — IrDA 1.0.

Протокол IrDA позволяет соединяться с периферийным оборудованием без кабеля при помощи ИК-излучения в диапазоне 850–900 нм с "пиком" на длине волны 880 нм. Порт IrDA позволяет устанавливать связь на коротком расстоянии до 1 метра в режиме точка-точка. Интерфейс имеет малую мощность потребления. Для создания такого оборудования и его использования сертификация не требуется.

IrDA широко использовался в 1990–2000 годах: мобильные телефоны, ноутбуки, КПК. Реже — принтеры и цифровые фотоаппараты. Очень редко ИК-порт ставился на стационарные ПК — обычно в виде платы расширения. В данное время практически вытеснена радиоинтерфейсами, например Bluetooth.

Основные причины отказа от IrDA:

- Усложнение сборки корпусов устройств, в которых монтировалось ИК-прозрачное окно.
- Ограниченная дальность действия и требования прямой видимости пары приёмник-передатчик.
- Относительно низкая скорость передачи данных первых реализаций стандарта. В последующих ревизиях стандарта этот недостаток исправили, однако широкого распространения скоростные варианты IrDA получить уже не успели.

Реализация и архитектура

Аппаратная реализация, как правило, представляет собой пару из излучателя, в виде ИК светодиода, и приёмника, в виде фотодиода расположенных на каждой из сторон линии связи. Наличие и передатчика и приёмника на каждой из сторон является необходимым для использования протоколов двусторонней передачи данных.

В ряде случаев, например при использовании в пультах дистанционного управления бытовой техникой, одна из сторон может быть оснащена только передатчиком, а другая только приёмником. Иногда устройства оснащают несколькими приёмниками,

что позволяет одновременно поддерживать связь с несколькими устройствами. Использование при этом одного передатчика возможно благодаря тому, что протоколы логического уровня требуют лишь незначительного обратного трафика для обеспечения гарантированной доставки данных. Наличие нескольких передатчиков встречается гораздо реже.

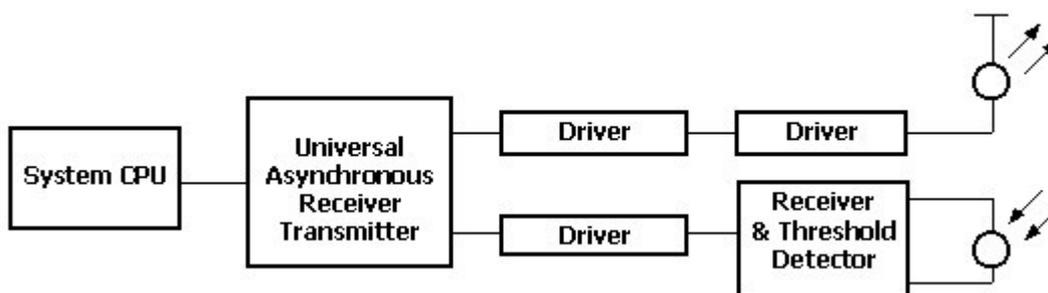
Большинство оптических сенсоров, используемых в фото и видео камерах, имеет диапазон чувствительности гораздо шире видимой части спектра. Благодаря этому работающий ИК передатчик можно увидеть на экране или фотоснимке в виде яркого пятна.

В общем виде схема организации IrDA-канала выглядит примерно так, как показано на рис:



Канал ПД состоит из двух основных элементов: микросхемы, обеспечивающей модуляцию и демодуляцию поступающего двоичного сигнала согласно определенного алгоритма, и ИК приемно-передающего модуля.

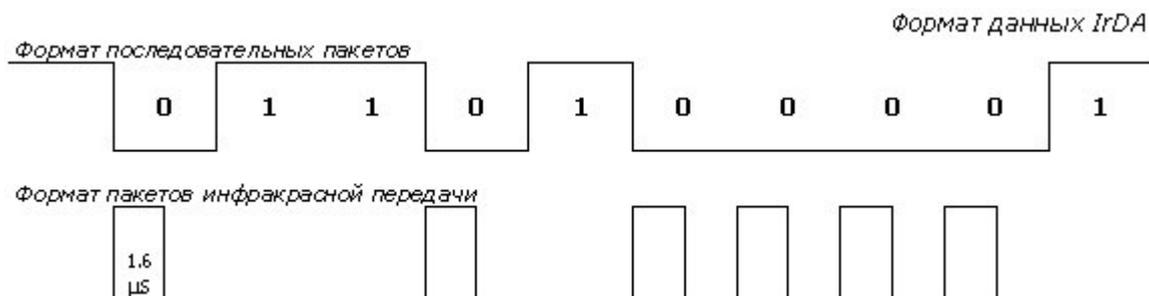
Сам порт IrDA основан на архитектуре коммуникационного COM-порта ПК, который использует универсальный асинхронный приемно-передатчик UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) и работает со скоростью передачи данных 2400–115200 bps.



Связь в IrDA полудуплексная, т. к. передаваемый ИК-луч неизбежно засвечивает соседний усилитель приемника. Воздушный промежуток между устройствами позволяет принять ИК-энергию только от одного источника в данный момент.

Передающая 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 мс до 3/16 периода передачи битовой ячейки, а логическая "1" передается как отсутствие ИК-импульса. Минимальная мощность потребления гарантируется при фиксированной длине импульса 1,6 мс.



По окончании кодирования битов необходимо возбудить один или несколько ИК-светодиодов током соответствующего уровня, чтобы выработать ИК-импульс требуемой интенсивности. ИК-светодиод должен иметь длину волны 880 нм. Радиальная чувствительность приемника и длины связи диктуются, исходя из требований самой спецификации IrDA.

Приемная часть

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. ИК-импульс в активном состоянии генерирует "0", при отсутствии света генерируется логическая "1". Протокол IrDA требует, чтобы приемник точно улавливал ИК-импульсы мощностью от 4 мВт/см² до 500 мВт/см² в угловом диапазоне ±15°.

PIN-диод — разновидность диода, в котором между областями электронной (n) и дырочной (p) проводимости находится собственный (нелегированный — intrinsic) полупроводник (i-область). Характерные качества pin-диода проявляются при работе в режиме сильной инжекции, когда i-область заполняется носителями заряда из сильнолегированных n+ и p+ областей, к которым прикладывается прямое смещение напряжения. pin-диод функционально можно сравнить с ведром воды с отверстием сбоку: как только ведро наполняется до уровня отверстия, оно начинает протекать. Точно так же и диод начинает пропускать ток, как только заполнится носителями заряда i-область.

Помехи

Для ИК-излучения существует два источника интерференции (помех), основным из которых является солнечный свет. Однако, в солнечном свете преобладает постоянная составляющая, а правильно спроектированные приемники должны компенсировать большие постоянные токи через PIN-диод. Другой источник помех — флуоресцентные лампы 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.

Семейство протоколов IrDA

IrPHY (Infrared Physical Layer Specification) — обязательный протокол самого низкого уровня среди спецификаций IrDA. Соответствует физическому уровню сетевой модели OSI.

Основные характеристики спецификации IrPHY:

- Дальность: ≤ 1 м.
- Мин. отклонение от оси приёмника/передатчика: 15° .
- Скорость ПД: от 2.4 кбит/с до 16 Мбит/с.
- Модуляция: немодулированный сигнал, без несущей.
- Волновой диапазон: от 850–900 нанометров.
- Режим передачи данных: полудуплексный.

Спецификация этого протокола устанавливает стандарты для Ir-трансиверов, методов модуляции и схемы кодирования/декодирования, а также ряд физических параметров. Для стандарта IrDA (115,2 kbps) 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 используется 16bit циклическая контрольная сумма. В стандарте IrDA 1.1 для протокола обмена 1,152 Mbps и 4 Mbps старт-бит и стоп-бит не применяются.

Кадры, получаемые от более высокоуровневого протокола IrLAP, вкладываются в поле данных кадров SIR, согласно используемому методу кодирования. Стандарт не содержит обязательных вариантов реализации этой процедуры и допускает варьирование алгоритмов в зависимости от возможностей конкретного оборудования.

Спецификация не определяет максимальных допустимых значений для таких параметров как дальность или отклонение от оси, тем не менее, типичное расположение устройств для организации соединения подразумевает расстояние от 5 до 50 сантиметров на одной оси. Устройства с односторонней связью (например пульт ДУ и телевизор), как правило, поддерживают дальность не менее 10 метров.

Скорости передачи данных делятся на несколько поддиапазонов — SIR, MIR, FIR, VFIR, UFIR каждый из которых характеризуется не только разными скоростями но и использованием различных кодовых схем.

SIR — Serial Infrared использует те же скорости ПД, что и RS-232: 9,6; 19,2; 38,4; 57,6; 115,2 кбит/с. Скорости выбраны специально для простоты реализации COM-IrDA адаптеров.

Как правило наименьшая доступная скорость для устройств составляет именно 9,6 кбит/с. Именно она используется для передачи сигналов поиска, оповещения и сопряжения.

MIR — Medium Infrared — поддерживает скорости ПД 0,576 и 1,152 Мбит/с.

MIR не является официальным термином IrDA, однако то, что схема кодирования, используемая для этих скоростей, отлична как от SIR так и от FIR, делает этот термин довольно удобным и распространённым.

FIR — Fast Infrared — устаревший термин спецификации IrDA, ранее использовавшийся для обозначения устройств, поддерживающих скорость передачи данных от 9600 бит/с до 4 Мбит/с, что включает в себя и SIR и MIR. В наше время, как правило, термин FIR используется для обозначения скорости 4 Мбит/с. Некоторые источники используют термин FIR для обозначения всех скоростей, превышающих SIR.

VFIR — Very Fast Infrared — термин использующийся для обозначения поддержки скоростей передачи вплоть до 16 Мбит/с. На данный момент, 16 Мбит/с это самая высокая скорость передачи данных по IrDA, поддерживаемая серийными устройствами.

UFIR — Ultra Fast Infrared — в состоянии разработки, теоретически поддержка скорости вплоть до 100 Мбит/с.

IrLAP (Infrared Link Access Protocol) — обязательный протокол второго уровня, располагается поверх IrPHY, соответствует канальному уровню сетевой модели OSI.

IrLAP отвечает за:

- Контроль доступа.
- Поиск расположенных вблизи устройств.
- Установление и поддержку двунаправленного соединения.
- Распределение первичной и вторичной ролей среди устройств.

ИК технология поддерживает только однонаправленную передачу информации, поэтому, в следствие полудуплексной природы SIR, IrLAP использует архитектуру 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). Первичное устройство отвечает за организацию соединения, обработку ошибок, и посланные им кадры называются управляющими (Command Frames), а кадры вторичных устройств именуются ответными (Response Frames). Обмен информацией идет только с первичным устройством, которое всегда выступает инициатором соединения, однако его роль может играть любое из устройств, поддерживающих необходимые для этого функции. Опционально может быть включен протокол транспортного уровня,

позволяющий осуществлять контроль передачи между приложениями в случае одновременной работы нескольких приложений на одной физической линии.

Устройства, соответствующие стандарту IrDA, перед началом передачи должны в первую очередь попытаться выявить нет ли в ближайшей окрестности активности в ИК-диапазоне, т. е. 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, то любое из них может быть ведущим. Выбор зависит от того, какое устройство первым проявит инициативу.

Каждое устройство имеет 32-битный адрес, вырабатываемый случайным образом при установлении соединения. Каждому кадру в пределах соединения ведущее устройство при старте присваивает 7-битный 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.

Максимальный квант передачи может быть равен 100, 200 или 500 мс. Он представляет собой максимальное время, в течение которого устройство передает данные до того, как перейдет к прослушиванию подтверждения приема и зависит от скорости передачи, емкости буфера в принимающем устройстве. Минимальная длительность передачи определяется неспособностью передающего устройства перейти к приему данных сразу после выдачи последнего бита, поскольку усилитель PIN-диода в передающем устройстве входит в состояние насыщения от собственной передачи. Время восстановления приемника — переменная величина, составляющая 0,001–10 мс. Этот параметр для данного устройства должен быть заранее известен и учитывается в фазе переговоров об установлении соединения. Процедуры расширенного восстановления включают в себя функцию сброса, которая прерывает связь, но потом восстанавливает активное состояние с параметрами соединения по умолчанию.

Стандартом предусмотрено два основных состояния:

- NRM (Normal Response Mode) — это состояние соединения с распределенными ролями первичного и вторичных устройств.
- NDM (Normal Disconnect Mode) — предусматривает функции детектирования доступных устройств, сбор информации о них, разрешение адресных конфликтов, а также позволяет передавать данные широкоэвещательно, без установления соединения.

В протоколе IrLAP используется три типа кадров по аналогии с HDLC. Поле данных присутствует только у первого и последнего вида кадров, оно не ограничено по длине, но число бит в нем должно быть кратно 8. Ненумерованные (U-кадры) используются для установления связи: операции соединения и разъединения, информирования об ошибках и передачи данных, если нет необходимости в нумерации

последовательностей. Информационные (I-кадры) используются для передачи информации и предназначены для передачи данных. Их командное поле содержит номер кадра в последовательности, помогающей принимающему устройству отслеживать нарушения очередности. Нумерация организована так, что служит одновременно средством подтверждения приема: S- и I-кадры могут нести номер пакета, который ожидается на входе устройства-отправителя. Счетчик позволяет идентифицировать только 8 кадров, таким образом, номер следующего ожидаемого приемником пакета может высылаться не с каждым кадром, а только по получении нескольких промежуточных пакетов. Величина, определяющая их количество, называется размером окна. Четвертый бит контрольного поля у кадра, сгенерированного первичным устройством, означает запрос данных, а в ответном кадре он играет роль конечного бита, сигнализирующего о завершении передачи. Супервизорные (S-кадры) используются для функций handshaking (процедура договора устройств о параметрах синхронизации).

Договариваясь о соединении, устройства обмениваются информацией о скорости, максимальной и минимальной длительности цикла, максимальной величине кадра, размере окна, количестве дополнительных флагов BOF (Beginning Of Frame) и пороговом времени разрыва соединения (промежуток, в течение которого не было принято ни одного корректного кадра). *Под максимальным циклом (maximum turnaround time) подразумевается отрезок времени, по истечении которого устройство должно установить в своем кадре конечный бит, а под минимальным — длительность паузы, начиная с момента отсылки последнего байта последнего кадра, запрошенного передающим устройством, чтобы подготовиться к приему данных.* BOF выполняет роль задержки перед посылкой очередного кадра устройствам с большей задержкой. Предусмотрена команда смены ролей XCHG, позволяющая передавать право называться первичным устройством, как эстафету. Для проверки правильности передачи кадра к нему в конце дописывается полеконтрольной суммы FCS (Frame Check Sequence).

Протокол IrLAP устанавливает правила доступа к ИК-среде, процедуры открытия канала, согласование абонентов сети, обмена информацией и т.д. Хотя IrLAP и обязательный уровень IrDA, но не все его особенности являются таковыми. Любая станция, не принимающая в данный момент времени участия в обмене, перед тем как начать передачу, должна прослушивать канал не менее 500 мс, чтобы убедиться в отсутствии трафика. С другой стороны, станция, участвующая в обмене, должна вести передачу не более 500 мс. Доступ к среде передачи регулируется посредством специального бита PF (Poll/Final), который устанавливается в теле кадра. IrLAP допускает передачи без установления предварительного соединения. По своей природе такая передача является широкоэвещательной и не требует получения подтверждения станции получателя. Процедура открытия канала в этом случае предусматривает обмен идентификационной информацией (ID). Инициатор широкоэвещательного обмена передает ID predetermined количество раз и прослушивает канал в интервалах между ссылками (слот, Slot). Станция-получатель случайным образом выбирает слот и посылает в ответ свой ID. При обнаружении коллизии процедура повторяется и применяется для согласования операционных параметров станций (скорость посылки бит, максимальная длина пакета). При установлении соединения обмен данными, объем которых не должен превышать 64

байта, осуществляется со скоростью 9,6 kbps. После того, как соединение установлено, скорость обмена и величина пакета данных могут быть по "договоренности" увеличены до максимальных. Кроме пакетов с пользовательскими данными, в обмене участвуют специальные, служащие для управления потоком, коррекции ошибок и передачи маркера. Связь может осуществляться в режиме "1:1" или "1:n". В процессе обмена одна станция является первичной, а остальные — вторичными. Помимо описанных процедур существуют и другие: разрешение конфликтов адресов, изменение роли станции "первичная-вторичная" и т.д.

IrLMP — Infrared Link Management Protocol — обязательный протокол третьего уровня. Соответствует сетевому уровню сетевой модели OSI.

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.

Состоит из двух подуровней:

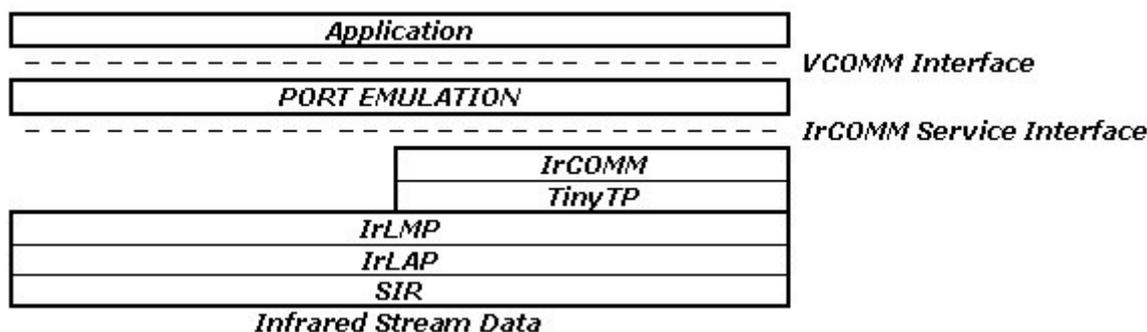
1. LM-MUX (Link Management Multiplexer) — выполняет мультиплексирование каналов поверх одного соединения, устанавливаемого протоколом IrLAP. С этой целью в Ir-станции определяется множество точек доступа канала — LSAP (Link Service Access Point) — каждая с уникальным идентификатором. Таким образом каждое из LSAP-соединений определяет логически различные информационные потоки. Протокол LM-MUX обеспечивает передачу данных между точками доступа как внутри одной, так и между другими станциями. Он может работать в одном из двух режимах: эксклюзивном (активизируется только одно соединение LSAP и все ресурсы отдаются одному приложению) и мультиплексивном (несколько соединений LSAP могут разделять один канал IrLAP). В этом случае управление потоком должно быть обеспечено протоколами верхнего уровня или непосредственно приложением. Каждое виртуальное соединение представлено своей LSAP, таким образом, связь происходит на уровне двух LSAP (LSAP Connection). Также предусмотрено три варианта доступа: с установлением предварительного соединения, без установления предварительного соединения (Connectionless) и режим сбора информации о возможностях, сервисах и приложениях удаленного устройства (XID_Discovery).
2. LM-IAS (Link Management Information Access Service) — управляет информационной базой так, что станции могут запросить, какие службы предоставляются. Эта информация хранится как ряд объектов, с каждым из которых связан набор атрибутов.

Прочие протоколы

Tiny TP (Tiny Transport Protocol) — протокол, основанный на базе IrLMP. Позволяет передавать большие массивы данных и управлять потоком данных, расставляя приоритеты каждому логическому каналу.

IrCOMM (Infrared Communications Protocol) — протокол, который позволяет использовать ИК-соединение в качестве последовательного или параллельного порта, основанного на четырех типах сервиса: 3-Wire Raw, 3-Wire, 9-Wire и Centronics. Первый работает только через одно эксклюзивное соединение и используется, когда необходимо передавать исключительно данные. Второй эмулирует параллельную передачу по трем каналам (Signal Common, TD, RD), используя возможности TinyTP, Девятипроводный предназначен для эмуляции последовательных портов и обрабатывает, помимо трех вышеупомянутых, еще шесть сигналов (RTS, CTS, DSR, DTR, CD, RI). Centronics — это виртуальный параллельный интерфейс на базе TinyTP).

Эмуляция последовательного и параллельного портов



IrOBEX (Infrared Object Exchange) — протокол, основанный на базе Tiny TP. Обеспечивает возможность обмена произвольными объектами данных: контактами, событиями календаря и даже исполняемыми приложениями.

IrLAN (Infrared Local Area Network) — протокол, позволяющий подключиться к LAN-сети через IrDA-соединение одним из трёх способов: как точка доступа, одноранговая связь peer-to-peer, или в качестве хоста.

Источники:

1. Infrared Data Association. <https://ru.wikipedia.org>
2. Инфракрасный протокол связи — IrDA / М. Лень. <http://www.ixbt.com>
3. Реализация инфракрасной связи. <https://msdn.microsoft.com>
4. IrDA. <http://www.gaw.ru>