

Функционально любое устройство с интерфейсом PCI-e (корневой комплекс, конечная точка, переключатель, мост) описываются многоуровневой структурой, рис 2.5.2, каждый уровень которой выполняет определенные функции в процессе передачи пакетов информации, образующих транзакции.

Собственно интерфейс PCI-e устройства описывается тремя уровнями:

- транзакционным уровнем (Transaction Layer),
- уровнем передачи данных (Data Link Layer),
- физическим уровнем (Physical Layer).

Каждый уровень устройства подразделяется на две части. *Передающая часть (T)*, которая обрабатывает исходящий трафик и *принимаящая часть (R)*, которая обрабатывает входящий трафик. Пакет передаваемой информации, перемещаясь по уровням передающей части устройства от транзакционного уровня к физическому уровню через уровень передачи данных, *инкапсулируется* (обрамляется соответствующим заголовком и хвостовиком) на каждом уровне, см. рис 2.5.2. При перемещении пакета по уровням принимающей части устройства от физического уровня к транзакционному уровню через уровень передачи данных пакет *декапсулируется* (удаляются соответствующий заголовок и хвостовик) на каждом уровне.

Помимо информационных пакетов уровни передачи данных и физические уровни устройств, связанные каналом, обмениваются служебными пакетами.

Рассмотрим пакеты информации на каждом уровне и функции этих уровней. Ядро или программный уровень (Device Core/Software Layer) устройства на передающей стороне сообщает транзакционному уровню информацию для формирования пакета транзакционного уровня, а именно: тип транзакции, адрес абонента, количество данных, класс трафика, индекс сообщения и сами данные.

В передающей части, например, прибора А на транзакционном уровне из информации для формирования пакета, поступающей из ядра прибора (Device Core) формируется пакет транзакционного уровня (к данным добавляется заголовок и хвостовик) и образованный пакет буферизируется для передачи в нижестоящий уровень. Пакет транзакционного уровня обозначается как TLP(Transaction Layer Packet). На приемной стороне ядра прибора эта же информация возвращается из транзакционного уровня.

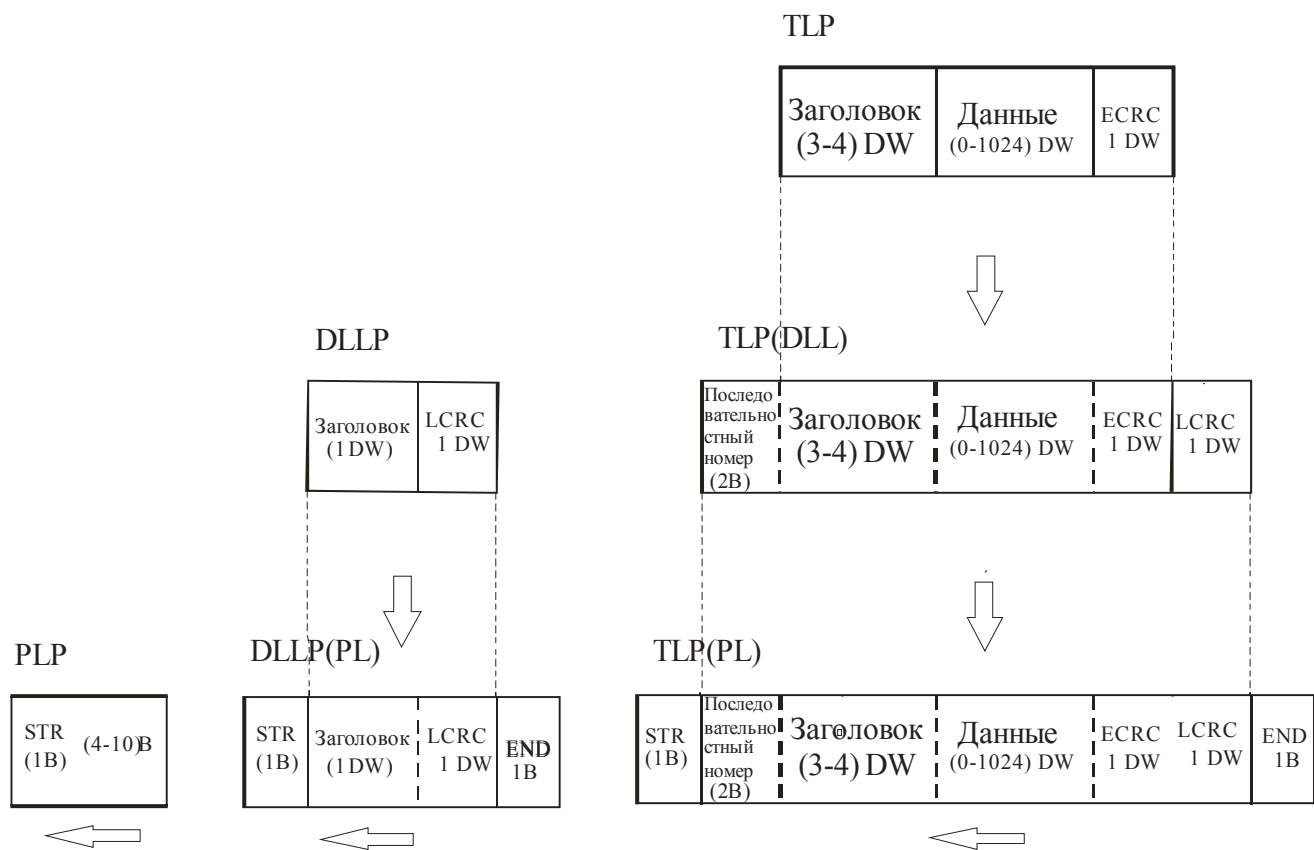
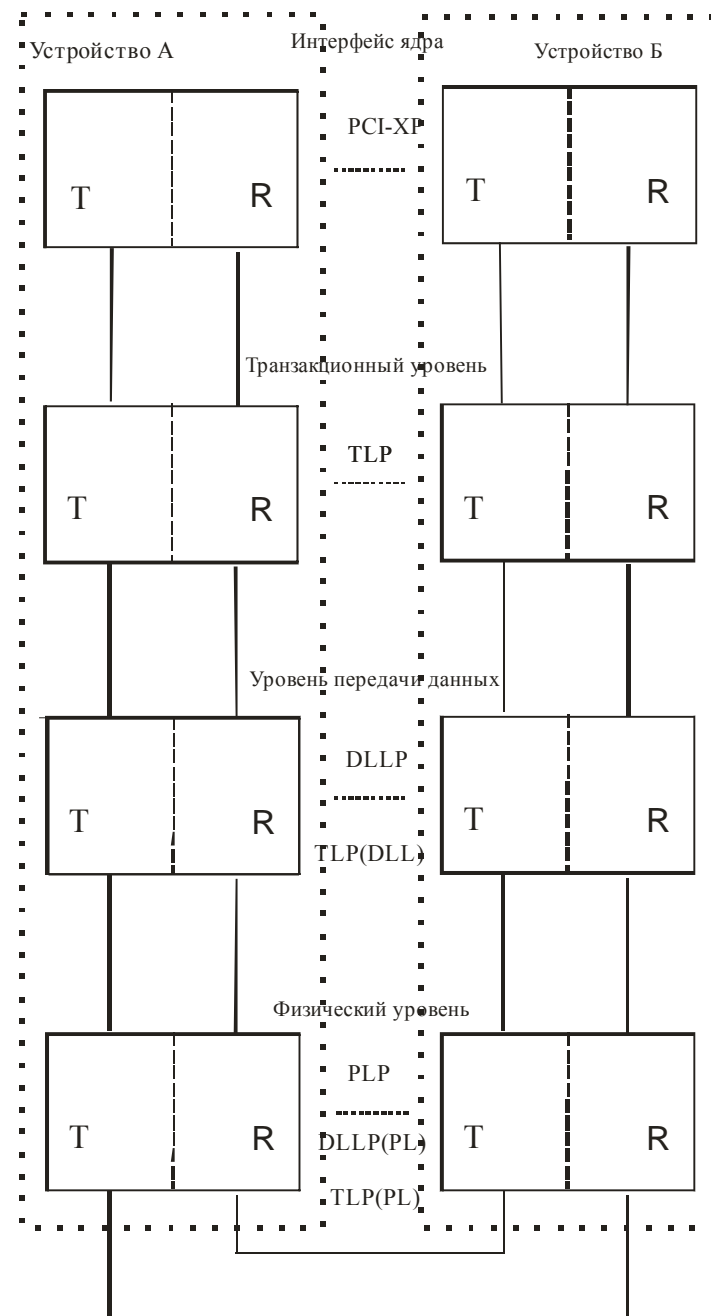


Рис 2.5.2. Пакеты и уровни устройств PCI-PX



*Пакет транзакционного уровня TLP*, смотри рис.2.5.2, состоит из заголовка, поля данных и формируемого на этом уровне поля контрольной последовательности ECRC(End-to-End CRC). Некоторые пакеты могут и не содержать поле данных

На уровне передачи данных к пакету TLP присоединяется соответствующий заголовок и хвостовик. В последнем записывается информация, необходимая для контроля ошибок в принимающем приборе, например в приборе Б. Этот пакет называется *TLP пакетом уровня передачи данных*, обозначается как TLP(DLL), смотри рис. 2.5.2, и содержит поле *последовательностного номера* (Sequence Number), пакет TLP и поле контрольной последовательности LCRC. Поле LCRC вычисляется на уровне канала данных контролем полей последовательностного номера (Sequence Number) и пакета TLP.

На физическом уровне к пакету TLP(DLL) присоединяется свой соответствующий заголовок и хвостовик. Этот пакет называется *TLP пакетом физического уровня* и обозначается TLP(PL). . Пакет TLP(PL), смотри рис. 2.5.2 , состоит из *стартового байта* (Start), поля пакета TLP(DLL) и *оконечного байта* (End).

Затем именно этот пакет TLP(PL) передается по физической среде (полосковой линии связи, кабелю) в последовательной форме, начиная со старшего бита стартового байта, в принимающее устройство соседнего прибора Б.

В принимающей части соседнего прибора Б приемник физического уровня дешифрует входящий последовательный пакет TLP(PL). Пакет проверяется на отсутствие ошибок и, если ошибок нет, то из него исключаются заголовок и хвостовик (ограничивающие флаги) и в форме пакета TLP(DLL) последний передается на уровень передачи данных прибора Б.

На уровне передачи данных полученный пакет TLP(DLL) проверяется на отсутствие ошибок и декапсулируется (отбрасывается заголовок и хвостовик пакета TLP(DLL)) и в форме пакета TLP передается на транзакционный уровень.

Если принимающее устройство – переключатель тогда пакет направляется от одного входного порта переключателя в выходной порт основываясь на адресной информации содержащейся в заголовке пакета TLP.

На транзакционном уровне полученный пакет проверяется на отсутствие ошибок и при отсутствии ошибок поле данных пакета (без заголовка и хвостовика) передается в ядро прибора Б.

Таким образом, данные ядра прибора А передаются в ядро прибора Б, образуя трафик передаваемых данных. Асинхронно с этим процессом может происходить встречный процесс передачи данных из ядра прибора Б в ядро прибора А.

В виртуальном смысле пакет TLP транзакционного уровня прибора А передается на транзакционный уровень прибора Б и наоборот.

Для выполнения функций управления каналом (Link Management function), включающих подтверждение приема пакета TLP, обмен сообщениями об обмене данными и управление питанием, на уровне передачи данных используются специальные *пакеты уровня передачи данных* DLLP(Data Link Layer Packet). Тип пакета DLLP, смотри рис. 2.5.2., включает в себя поле размерностью одно двойное слово (1DW) и контрольную последовательность CRC длиной два байта.

На физическом уровне пакет DLLP дополняется управляющей и контрольной информацией. Этот пакет называется *пакетом DLLP на физическом уровне* и обозначается DLLP (PL). Он, смотри рис. 2.5.2, состоит из стартового байта (Start), поля пакета DLLP и окончательного байта (End).

Затем именно этот пакет DLLP (PL) передается последовательно бит за битом, начиная со старшего бита стартового байта по физической среде (полосковой линии связи, кабелю) в принимающее устройство соседнего прибора Б.

В принимающей части соседнего прибора Б приемник физического уровня дешифрует входящий пакет DLLP (PL). Пакет проверяется на отсутствие ошибок и, если ошибок нет, то из него исключаются заголовок и хвостовик (ограничивающие флаги) и в форме пакета DLLP передается на уровень передачи данных прибора Б.

На уровне передачи данных полученный пакет DLLP проверяется на отсутствие ошибок, используется для управления уровнем передачи данных и затем удаляется. В виртуальном смысле пакет DLLP уровня передачи данных прибора А передается на уровень передачи данных соседнего прибора Б и наоборот. Отметим, что пакеты DLLP не проходят через промежуточные переключатели, а передаются между уровнями передачи данных напрямую связанных устройств. Поэтому они не содержат маршрутную информацию.

Для выполнения функций подготовки физического уровня, компенсации задержек, перевода канала в режим малого потребления и обратно на физическом уровне используются специальные управляющие *пакеты физического уровня PLP* (Physical Layer Packet). Этот пакеты в зависимости от назначения содержит от 4 до 16 байт и передается последовательно бит за битом, начиная со старшего бита стартового байта. Эти пакеты, которые называют еще *командными наборами*, наряду с пакетами TLP(PL) и пакетами DLLP (PL), передаются от физического уровня прибора А к физическому уровню прибора Б. В виртуальном смысле пакет PLP физического уровня TLP(PL) прибора А передается на физический уровень соседнего прибора Б и наоборот. Отметим что пакеты PLP как и пакеты DLLP(PL) не проходят через промежуточные переключатели, а передаются между уровнями передачи данных напрямую связанных устройств. Поэтому они не содержат маршрутную информацию.