

UN PASEO POR

IEEE-1394 (FireWire)

Soporte Técnico OEM
FUJITSU ESPAÑA

Marzo de 2000

INDICE

INTRODUCCION

NIVEL FISICO

- Direccionamiento
- Señalización
- Topología
- Velocidad
- Resumen de Nivel Físico

PROTOCOLO

- Tipos de transferencias
- Nodos especiales
- Igualdad de Oportunidades para dispositivos Asíncronos

DIFERENTES ESTANDARES

- IEEE-1394-1995
- IEEE-1394a
- IEEE-1394b
- IEEE-P1394.1

OTRAS ESPECIFICACIONES

- SBP-2 (Serial Bus Protocol-versión 2)
 - RBC para dispositivos de memoria de masas
 - PWG para dispositivos de imagen
- IP/1394
- OpenHCI (Open Host Controller Interface)
- Device Bay y CardBay

INTRODUCCION

El estándar IEEE 1394-1995 o bus HPSB (High Performance Serial Bus) describe un bus serie Plug&Play de alta velocidad utilizable tanto sobre placa (para interconexión de tarjetas sobre el mismo panel posterior) como sobre cable (para interconexión de tarjetas en distinto panel posterior o entre periféricos externos). Este estándar está a su vez basado en el estándar ISO/IEC 13213:1994 (ANSI/IEEE 1212), que describe una arquitectura de comunicación entre buses de sistemas microcomputadores a través de Registros de Comando y Estado (CSR).

Además del estándar original, existe el estándar suplementario IEEE P1394a y están en desarrollo los estándares IEEE 1394b e IEEE 1394.1, en los que se están definiendo nuevas extensiones (ver apartados más adelante).

El bus 1394 está basado en un bus original de Apple denominado FireWire, término utilizado todavía por muchos fabricantes, mientras que otros han adoptado el nombre i.Link, que es marca registrada de Sony Corp.

IEEE1394 permite la conexión tanto de dispositivos digitales multimedia de altas prestaciones, como grabadoras de vídeo, televisores, equipos de música, consolas de mezclas, etc, como de dispositivos tradicionales de PC como discos duros, CD-ROMs, impresoras, escáneres, etc. A diferencia de otros buses donde la comunicación depende de un control centralizado (por ejemplo, en un PC), IEEE 1394 soporta un modelo peer-to-peer, en la que cualquier dispositivo puede comunicarse directamente con cualquier otro, siempre que utilicen los mismos protocolos.

Los dispositivos IEC 13213 incorporan una ROM de configuración con detalles sobre sus posibilidades, funcionalidades, protocolos que soportan, etc, de forma que pueden comunicar esta información a otros dispositivos conectados en el bus. Las especificaciones sobre los distintos protocolos y los correspondientes formatos de datos en la ROM de configuración se definen en una serie de estándares. Actualmente existen estándares definidos o en desarrollo para discos, impresoras, dispositivos AV digitales de muy diferentes tipos y para protocolo IP.

Las facilidades plug-and-play y la ROM de configuración permiten la coexistencia transparente de distintos protocolos, donde la única limitación es el ancho de banda disponible. Por ejemplo, un PC puede estar transfiriendo información a una impresora mientras que podemos estar viendo en la televisión digital (DTV) una película que se está reproduciendo en un unidad lectora de vídeo digital (DVCR), todo sobre el mismo cable 1394.

Entre los dispositivos y aplicaciones de alta velocidad más característicos tenemos:

- Cámaras digitales de alta resolución
- HDTV
- Discos duros
- DVD
- Edición digital de Vídeo
- Mezcla de canales de audio digital

NIVEL FISICO

Direccionamiento

Los dispositivos 1394 y sus recursos internos se seleccionan mediante un direccionamiento directo y jerárquico con 64 bits:

- 16 bits de dirección de nodo (Node ID), distribuidos de la siguiente forma:
 - 10 bits para dirección de bus (Bus ID) = 1023 buses en un sistema
 - 6 bits para dirección de nodo (Physical ID) = 63 nodos por bus
- 48 bits por nodo (Node Offset) = 256 Terabytes de espacio por nodo (Espacio Inicial de Nodo).

Node ID, Bus ID, Physical ID: Los 16 bits más significativos de la dirección total de 64 bits identifican un único nodo de entre todos los nodos que forman parte de los distintos buses del sistema. Los 10 bits más significativos de esta dirección son los mismos para todos los nodos pertenecientes a un mismo bus, cuyo valor se denomina Bus ID, mientras que los 6 bits menos significativos identifican un único nodo perteneciente a dicho bus, y se denomina

Physical ID. Esta dirección Physical ID se asigna a cada nodo como parte del proceso de inicialización del bus (los nodos no se configuran manualmente).

La existencia de varios buses en un mismo sistema precisa de unos elementos (Bridges) para controlar y gestionar el flujo de información entre los mismos (ver más adelante el estándar IEEE-1394.1). Se pueden utilizar Bridges para aumentar el número de nodos más allá de 63, o para dividir el tráfico del bus en varios segmentos independientes, lo que permite utilizar más eficientemente el ancho de banda disponible.

En el caso habitual, una controladora PCI es un Bridge que podrá soportar por lo tanto hasta 63 dispositivos directamente, sin necesidad de hubs intermedios.

Espacio Inicial de Nodo: Se denomina así al espacio de 256 terabytes disponibles en cada nodo, y se direcciona mediante los 48 bits menos significativos de la dirección total de 64 bits. Este espacio se divide en:

- Espacio Inicial de Memoria
- Espacio Privado
- Espacio Inicial de Registro, y
- Espacio Inicial de Unidad

De ellos, el Espacio Inicial de Registro es un espacio de 2 KB con dirección base FFFF F000 0000 hex, que está reservado para aquellos recursos que deben estar accesibles inmediatamente después de una inicialización (reset) del bus.

Asignación de dirección física (Physical ID): Cada vez que se enciende o se reinicia un bridge, y cada vez que se añade o se quita un nodo del bus, bien sea por conexión/desconexión física o por encendido/apagado del mismo, se asignan direcciones físicas a cada nodo. Los dispositivos no disponen de conmutadores de configuración, y además se soporta la conexión en caliente (hot-plug). La parte física que gestiona el interfaz 1394 en los dispositivos se denomina PHY, los cuales implementan la función de Configuración Automática de la Red que entre otras cosas gestiona el protocolo de asignación de direcciones físicas.

Señalización

1394 utiliza una señalización denominada "Data-Strobe", técnica patentada por STMicroelectronics, que evita la necesidad de transmisión de señal de reloj. La transmisión de cada bit involucra un cambio en la línea de Data o en la de Strobe, pero nunca en ambas, con lo que el reloj se recupera fácilmente mediante la función XOR de ambas señales. Este sistema soporta a su vez la detección automática de velocidad.

La transmisión es diferencial y Semi-Duplex. Se utiliza un par twistado para transmisión de Dato y recepción de Strobe, y el otro par se usa para recepción de Dato y transmisión de Strobe. Ambos pares son por tanto bidireccionales.

Topología

Los enlaces son punto-a-punto y de 4.5m como máximo. Cada bus soporta hasta 63 dispositivos y se puede configurar en cadena y/o árbol. Esto quiere decir que de cada dispositivo pueden conectarse uno (cadena) o más (árbol) dispositivos. Para poder establecer una cadena, es necesario que los dispositivos dispongan por lo menos de 2 conectores, mientras que para establecer una conexión en árbol, el dispositivo debe tener al menos 3 conectores. También pueden haber dispositivos con un sólo conector, por lo que sólo pueden conectarse como final de cadena.

La distancia máxima entre cualesquiera dos dispositivos en un bus no puede ser superior a 16 cables (15 dispositivos entre ellos).

En cuanto a cables y conectores, inicialmente se definió la conexión a 6 hilos, y posteriormente (IEEE-1394a) se ha definido una conexión adicional a 4 hilos que pueden utilizar dispositivos que no se alimentan desde el propio bus. Los cables establecidos para cada caso son:

- El cable apantallado de 4 conductores (2 pares twistados y apantallados para señal).

- El cable apantallado de 6 conductores (2 pares twisteados y apantallados para señal + 1 par twisteados para alimentación y masa). Los dispositivos con aislamiento galvánico pueden alimentarse a través de estos hilos de alimentación del bus.

Velocidad

Se establecen 3 opciones de velocidad, a 98.304, 196.608 y 393.216 Mbps respectivamente. Estas velocidades se redondean, respectivamente, a 100, 200 y 400 Mbps, y el estándar los denomina oficialmente S100, S200 y S400. Actualmente está en desarrollo un nuevo estándar a 800 Mbps, y en un futuro está previsto superar el Gbps.

Resumen de Nivel Físico

1394 utiliza una topología en "red no cíclica con saltos finitos", organizada en Bridges y Nodos:

- Las conexiones entre los dispositivos no pueden crear bucles (red no cíclica)
- La conexión física es punto a punto, con un espaciado de hasta 4.5 metros entre dispositivos.
- Pueden haber hasta 16 tramos de cable (conexiones) entre Nodos (saltos finitos), lo que permite la conexión directa de hasta 16 Nodos en Cadena (hasta 72 metros de cable en total).
- De cada Nodo pueden conectarse varias ramas (conexión en Arbol). Los dispositivos típicos dispondrán de 3 conectores, aunque el estándar prevé desde 1 hasta un máximo de 16.
- Los Bridges se utilizan para interconectar buses iguales o distintos:
 - Un controlador 1394 PCI es un Bridge entre los buses 1394 y PCI, que soporta por tanto hasta 63 nodos (dispositivos)
 - Se pueden utilizar Bridges entre buses 1394 y SCSI o entre buses 1394-cable y 1394-backpanel, etc.

Se pueden mezclar dispositivos de distintas velocidades, aunque la velocidad del bus será la del dispositivo más lento.

- Algunos controladores pueden soportar funciones de Mapa de Topología y de Velocidad, para permitir transferencias a distintas velocidades entre distintas parejas de dispositivos.

Los enlaces punto-a-punto, la transmisión diferencial, la codificación Data-Strobe y la resincronización de señales en cada nodo hacen de 1394 un bus muy robusto a nivel de integridad de señal, lo que hace posible alcanzar fiablemente altas velocidades de transmisión.

PROTOCOLO

1394 utiliza una técnica de multiplexado de paquetes. Cuando un dispositivo tiene un paquete para transmitir, arbitra por el bus y una vez que gana el acceso transmite el paquete entero.

Tipos de transferencias

En 1394 existen dos tipos de transferencias de datos: Isócrono y Asíncrono.

Las transferencias Asíncronas siguen el interfaz Load and Store, tradicional en los sistemas que utilizan mapeado en memoria. Según este interfaz, las peticiones de Datos se envían a direcciones de memoria concretas, y ésta devuelve una indicación de Reconocimiento.

Las transferencias Isócronas garantizan un Ancho de Banda y una Latencia para cada dispositivo, lo que garantiza la transmisión de datos a alta velocidad sobre múltiples canales.

- Por ejemplo, un dispositivo de Vídeo y Sonido Digital puede reservar sobre 30 Mbps (25 Mbps para DV + 4 Mbps para (DA + código + overhead).
- 1394 soporta hasta 64 canales isócronos por sistema. Un Canal Isócrono es una relación entre nodos que forman un grupo, en el que hay Transmisores (Talkers) y Receptores (Listeners). Cada grupo (canal) se identifica por un número entre 0 y 63.

Nodos especiales

Cuando se alimenta o se reinicia el sistema 1394, se elige entre todos los nodos qué nodo o nodos harán las siguientes funciones especiales. Para ello los nodos declaran cuál o cuáles de estas funciones soportan:

- **Root Node y Cycle Master**

El Nodo Raíz, que es también el Maestro de Ciclo (Cycle Master), inicia ciclos en el bus cada 125 us (8,000 ciclos por segundo). El inicio de ciclo se indica mediante el paquete especial **cycle start packet**. En cada ciclo, se realizan primero las transferencias de los canales Isócronos (un paquete por canal), y el resto del ciclo se dedica a los canales Asíncronos. El bus nunca está ocupado a no ser que se esté transmitiendo un paquete, con lo que la eficiencia es muy alta.

- **Bus Manager**

Es un nodo que realiza la gestión de la alimentación del bus y publica (transmite a todos los nodos) la topología del bus y la velocidad máxima a la que pueden transmitir los nodos (o cada pareja de nodos, si soporta Mapa de Velocidad).

Si el bus es del tipo cable, este nodo también establece la cuenta de gap.

- **Isochronous Resource Manager**

Es un nodo que realiza la asignación de los recursos isócronos.

Igualdad de Oportunidades para dispositivos Asíncronos

Una vez realizadas las transferencia Isócronas correspondientes a un ciclo de bus, el tiempo de ciclo restante se divide en intervalos denominados Fairness Interval (Igualdad de Oportunidades), de forma que al principio de cada intervalo se registran todos los nodos asíncronos que están arbitrando, los cuales irán ganando la arbitración una vez y en orden de prioridad a lo largo del intervalo, el cual acabará cuando todos hayan ganado una vez. A partir de este momento comienza un nuevo intervalo. De esta manera, todos los nodos (incluso los de menos prioridad) tienen una oportunidad de acceso al bus dentro de cada Fairness Interval, y se evita que los nodos más prioritarios dejen a los nodos de baja prioridad esperando su oportunidad eternamente. Dicho en otras palabras, un nodo que ha ganado una vez la arbitración, no puede volver a ganar hasta que no comience el siguiente Intervalo. A su vez, dentro de cada Intervalo se limita el número de paquetes asíncronos que puede transmitir cada nodo, estableciéndose el límite bien explícitamente por el Maestro del Bus o bien implícitamente.

DIFERENTES ESTANDARES

IEEE-1394-1995

Se trata del estándar original.

IEEE-1394a

Es un suplemento al estándar original, que mejora ciertos aspectos de interoperabilidad y prestaciones manteniendo una total compatibilidad con los productos existentes. También aclara ciertas ambigüedades del estándar original.

- Incorpora un protocolo avanzado de manejo de energía, denominado **Suspend and Resume**, que permite a los nodos (PHY) entrar en un modo de bajo consumo (Suspend) y ser despertados (Resume) mediante una señal enviada por otro nodo.
- Proceso de arbitración acelerado
- Incorpora el conector de 4 pines para nodos que no se alimentan desde el bus.

IEEE-1394b

Aún en desarrollo, se trata de una mejora sustancial tanto sobre velocidad como sobre distancia:

- 800 Mbps y 1.6 Gbps
- 100 m por conexión
- Cable UTP-5 (unshielded twisted pair category 5), hasta 100 Mbps
- Fibra óptica (100 y 200 Mbps)
- Fibra óptica multimodo (800 Mbps y 1.6 Gbps)
- Latencia muy por debajo de los actuales 125 us.
- Arbitración "sobre la marcha" (fly-by), que permite arbitrar concurrentemente con la transmisión del paquete.

Para conseguir estos objetivos, se cambia la señalización Data-Strobe por la 8B/10B utilizada por Fibre Channel, aunque mejorada en el sentido de que introduce un scrambler (codificador-cifrador) para evitar la transmisión de secuencias repetitivas, lo que reduce significativamente la emisión electromagnética. Esto permite transmitir sobre cable UTP-5 a 100 Mbps sin violar las normas FCC Clase-B (necesaria para uso doméstico).

Adicionalmente se incorpora un protocolo de inicio que permite la construcción de nodos "bilíngües", que pueden determinar si están conectados a nodos 1394b o si lo están a nodos 1394a/1394-1995, con lo que puede configurar adecuadamente su interfaz físico (mecanismos de codificación y arbitración).

IEEE P1394.1

Este estándar define la especificación de la funcionalidad de un Bridge 1394, esto es, de los dispositivos que conectan buses 1394 entre sí para formar un sistema. Principalmente se obtienen dos ventajas al construir el sistema en base a diferentes buses:

- Permite conectar más de 63 nodos
- Permite controlar el ancho de banda. En un bus simple, sólo un nodo puede estar transmitiendo un paquete en un momento dado, por lo que la suma de los requisitos de ancho de banda de cada nodo debe ser inferior al ancho de banda del bus. Sin embargo, al actuar los Bridges como paso entre un bus y otro, el tráfico de un bus no interfiere con el tráfico en el otro bus, salvo en el caso en que un paquete deba pasar de un bus al otro. En otras palabras, en un momento dado se puede estar transmitiendo un paquete en cada bus.

Si el bridge recibe un paquete que debe rutar sobre el otro bus, una vez que lo ha almacenado arbitra por el uso del segundo bus y lo retransmite.

Cuando se añade un nuevo bridge a un sistema, se ejecuta un protocolo automático de asignación de número de bus (Bus-ID), similar al de asignación de dirección de nodo.

OTRAS ESPECIFICACIONES

Existen más de 70 especificaciones que definen las características de distintos dispositivos basados en 1394, sobre todo en las dos áreas principales de aplicación de 1394: Electrónica de consumo y Ordenadores.

En el área de los ordenadores existen dos categorías de especificaciones:

- Especificaciones de plataforma, que son un conjunto de estándares para un sistema operativo particular. Actualmente Microsoft y Apple disponen de las especificaciones más completas, y soportan 1394 en sus S.O. Win98SE, W2000 y MacOS 8.6 y superior.
- Estándares generales, que describen arquitecturas de comunicación entre dispositivos:
 - SBP-2 (Serial Bus Protocol-2), para comunicaciones con dispositivos tales como impresoras, escáneres y de almacenamiento masivo.
 - IP/1394, para networking peer-to-peer utilizando los actuales servicios de nivel superior IP.
 - 1394 OpenHCI (Open Host Controller Interface), interfaz software estándar que ofrecen hacia arriba los controladores de bus 1394. Esto permite desarrollar manejadores independientes del HW 1394 concreto.

- DeviceBay, conjunto de especificaciones hardware, software y mecánicas para conexión de dispositivos 1394 y USB a ordenadores.

SBP-2 (Serial Bus Protocol-versión 2)

Se trata de un estándar ANSI para transmisión de comandos SCSI sobre 1394, aunque en realidad SBP-2 puede encapsular cualquier juego de comandos. Este es el mejor modelo para periféricos de ordenador, y ha sido adoptado tanto por Microsoft como por Apple debido sobre todo a que reduce enormemente la carga de interrupciones en la CPU y permite un crecimiento escalable del modelo de transferencias de datos por DMA (Acceso Directo a Memoria). La arquitectura ofrece mecanismos de transporte de datos y comandos de forma que la CPU exporta la lista de comandos y el propio dispositivo 1394 se encarga del manejo de la cola y del proceso de los comandos, con lo que efectivamente cada dispositivo puede verse como si de un potente controlador programable de DMA se tratara.

El mecanismo se lleva a cabo asignando (mapeando) un cierto espacio de memoria de la CPU al espacio de memoria 1394, donde la CPU construye una lista enlazada de comandos y punteros a zonas de datos residentes asimismo en dicho espacio, y pasándole al dispositivo 1394 un puntero a dicha lista. De esta forma el dispositivo lee los comandos directamente desde la memoria del ordenador y los ejecuta, incluyendo las operaciones de lectura o escritura de datos directamente a/desde la memoria del ordenador.

La eficiencia del tándem 1394-SBP es bastante alta, cercana al 80%.

SBP no define el formato de los comandos, dejándose estas definiciones para otros documentos más específicos en función del tipo de dispositivo. Entre los más relevantes tenemos:

- **RBC para dispositivos de memoria de masas**

El documento RBC (Reduced Block Commands) describe un subconjunto de comandos SCSI que se utiliza para dispositivos de memoria de masas. Ofrece los mismos comandos y el mismo tipo de direccionamiento lógico de bloques utilizados actualmente por todos los sistemas. De hecho, los dispositivos de memoria de masas para MacOS 8.6 son RBC, así como el manejador de disco 1394 ofrecido por Win98 y Win2000.

- **PWG para dispositivos de imagen**

El grupo americano Printer Working Group ha definido esta especificación de transporte de comandos y datos utilizando SBP-2.

IP/1394

Esta especificación define cómo transportar tramas IP y cómo ejecutar DHCP sobre bus 1394. Actualmente incluye IPv4.

OpenHCI (Open Host Controller Interface)

Se trata de un modelo de programación válido para comunicarse con todas las posibles implementaciones físicas de interfaces 1394 de cada fabricante. De esta manera el S.O. sólo necesita un manejador siempre que el adaptador 1394 sea compatible con OHCI. La especificación corrió a cargo de Microsoft, Compaq, DEC, Apple, Sun e Intel.

Device Bay y CardBay

La especificación Device Bay define cómo construir módulos reemplazables por el usuario, con conexiones 1394 y USB para su inserción directa y en caliente en el sistema PC o similar.

Para implementar Device Bay en un sistema es necesario:

- Cada bahía Device Bay del ordenador necesita un puerto 1394 y otro USB, y cumplir con las especificaciones mecánicas, térmicas, de alimentación y de lógica de control Device Bay.

- Periféricos que se conectan al interfaz USB o al 1394 o a ambos. Si hace uso del interfaz USB, debe cumplir las especificaciones de Clase de Dispositivo USB.

La especificación CardBay, actualmente en desarrollo, es una versión de menor tamaño, que utiliza las especificaciones mecánicas PC-card (como CardBus).