

ANEXO C

Capa Física

Originalmente, el estándar que fue publicado por el IEEE se llamó simplemente IEEE 802.11, más tarde se publican extensiones al mismo que permiten nuevas capacidades. La extensión IEEE 802.11b cobra sentido cuando se hace referencia a la capa física, ya que la MAC que define el estándar es genérica, única para todas las extensiones del estándar IEEE 802.11.

En este capítulo se tratarán las características más relevantes de la capa física definidas por la extensión IEEE 802.11b. La información se presenta en forma general, dado que de acuerdo al propósito de esta tesis, los detalles de la capa física no son de mayor relevancia.

C.1 Generalidades

La capa física (PHY: *PHYSical layer*) del estándar IEEE 802.11b está basada en Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS: *Direct Sequence Spread Spectrum*). La banda de radiofrecuencia utilizada es aquella porción no licenciada del espectro que ha sido destinada a aplicaciones industriales, científicas y médicas, más conocida como banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical*). La banda ISM se encuentra en los 2.4 GHz, y ha sido establecida en Estados Unidos por FCC 15.247, y en Europa por ETC 300-328.

El sistema DSSS original provee una LAN inalámbrica con capacidad de comunicación de datos a 1Mbps y 2Mbps. La extensión 802.11b agrega a estas opciones tasas de 5.5Mbps y 11Mbps. De acuerdo a regulaciones del FCC, el sistema DSSS debe proveer una ganancia de procesamiento de al menos 10[*dB*]. Esto será realizado "picando" (*chipping*) la señal de banda base a 11 MHz con un código de pseudo-ruido de 11-chips. El sistema DSSS original usa modulaciones de banda base DBPSK (*Differential Binary Phase Shift Keying*: Codificación Diferencial por Cambio de Frecuencia Binario) y DQPSK (*Differential Quadrature Phase Shift Keying*: Codificación Diferencial por Cambio de Frecuencia en Cuadratura) para proveer las tasas de datos de 1Mbps y 2 Mbps respectivamente. La extensión emplea un esquema de modulación basado en CCK (*Complementary Code Keying*: Codificación por Clave Complementaria) para lograr las tasas superiores, manteniendo la tasa de picado en 11 MHz, lo cual redundante en un ancho de banda constante. La capacidad adicionada en la extensión del estándar es llamada DSSS de alta tasa (HR/DSSS: *High Rate Direct Sequence Spread Spectrum*).

La extensión 802.11b define un modo opcional de operación que permite incrementar el *throughput* a altas tasas (2, 5.5 y 11 Mbps) al utilizar un preámbulo más corto. Este modo es llamado HR/DSSS/short.

C.2 Arquitectura PHY

La capa PHY DSSS consiste en dos funciones de protocolo:

- Una función de convergencia de capa física, la cual adapta las capacidades del sistema dependiente del medio físico (PMD: *Physical Medium Dependent*) al servicio PHY. Esta función será soportada por el protocolo de convergencia de capa física (PLCP: *Physical Layer Convergence Protocol*), el cual define un método para mapear las unidades de datos de protocolo MAC (MPDU: *MAC Protocol Data Units*) en un formato factible de ser utilizado para enviar y recibir datos de usuario e información de administración entre dos o más estaciones usando el sistema PMD asociado.
- Un sistema PMD, cuya función define las características de, y el método de transmisión y recepción de datos, a través de un medio inalámbrico entre dos o más estaciones usando el sistema DSSS.

El modelo de referencia que representa la arquitectura de la capa PHY se presenta en la figura C.1. Éste incluye la subcapa MAC y la capa de convergencia entre ambas.

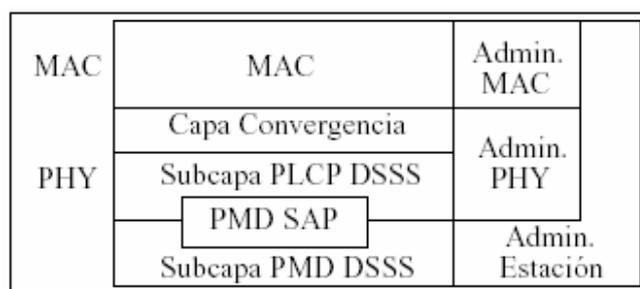


Figura C.1 Modelo de referencia por capas.

C.2.1 Subcapa PLCP

Para permitir a la MAC 802.11b operar con mínima dependencia en la subcapa PMD, se define una subcapa de convergencia de capa física. Esta capa básicamente implementa la función provista por el protocolo PLCP cuyo fin es simplificar la interfaz entre el servicio PHY y el servicio MAC IEEE 802.11b.

Formato de Trama PLCP

La subcapa PLCP tiene como misión básica la aplicación de un procedimiento de convergencia que permite convertir MPDUs en PPDU y viceversa. Durante la transmisión, a la MPDU se le adicionará un preámbulo y una cabecera para crear la PPDU. En el receptor, se procesarán el preámbulo y la cabecera y se despachará la MPDU.

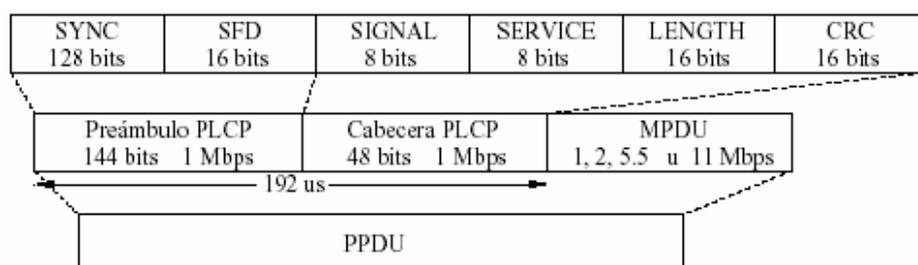


Figura C.2 Formato de Trama PLCP. Cabecera normal.

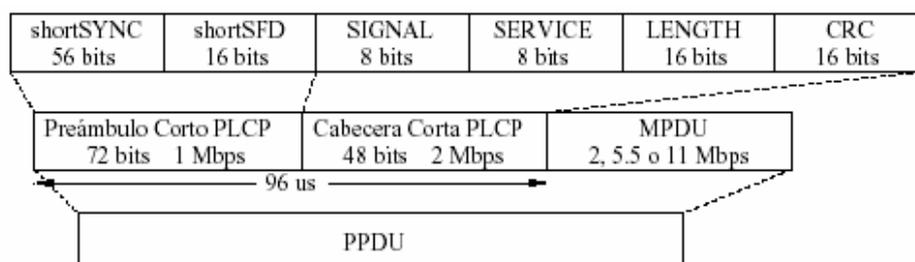


Figura C.3 Formato de Trama PLCP. Cabecera corta.

Las figuras C.2 y C.3 muestran el formato para la PPDU incluyendo el preámbulo PLCP, la cabecera PLCP y la MPDU. El preámbulo PLCP contiene los siguientes campos: Sincronización (SYNC) y Delimitador de Inicio de Trama (SFD). La cabecera PLCP contiene los siguientes campos: Señalización IEEE 802.11 (SIGNAL), Servicio IEEE 802.11 (SERVICE), Longitud (LENGTH), y CRC-16 CCITT (CRC). La figura C.3 presenta el formato de trama corta definido por el modo opcional HR/DSSS/short. A continuación se presenta un resumen de los campos del preámbulo y cabecera PLCP:

SYNC: Este campo consiste de 128 bits de 1's revueltos (*scrambling*) en el caso de la cabecera normal. El modo HR/DSSS/short reduce este campo a 56 bits de 0's revueltos. Este campo es provisto para que el receptor pueda efectuar las operaciones necesarias de sincronización.

SFD: El delimitador de inicio de trama indica el inicio de los parámetros dependientes del medio físico en el preámbulo PLCP.

SIGNAL: Este campo indica a la PHY la modulación que será usada para transmisión y recepción de la PSDU. La tasa de datos será igual al valor del campo SIGNAL multiplicado por 100[kbit/s]:

- a) X`0A': 1Mbps
- b) X`14': 2Mbps
- c) X`37': 5.5Mbps
- d) X`6E': 11Mbps

Este campo se encuentra protegido por el campo CRC.

SERVICE: Este campo indica básicamente si tipo de modulación utilizada para la transmisión será CCK *Complementary Code Keying*: Codificación por Clave Complementaria) o PBCC (*Packet Binary Convolutional Coding*: Codificación Convolutacional Binaria de Paquetes). Este campo se encuentra protegido por el campo CRC.

LENGTH: Este campo se interpreta como un entero sin signo de 16[bit], que indica el número de microsegundos requeridos para transmitir la MPDU. Este campo está protegido por el campo CRC.

CRC: Contiene una secuencia de chequeo de trama basada en CCITT CRC-16, y protege a los campos SIGNAL, SERVICE y LENGTH. El CCITT CRC-16 será el complemento 1 del resto de la división módulo 2 de los campos protegidos por el polinomio:

$$x^{16} + x^{12} + x^5 + 1 \quad (1)$$

C.2.2 Subcapa PMD

La subcapa PMD provee un medio de enviar y recibir datos entre dos o más estaciones. Dado que es dependiente del medio, es esta subcapa la que define todo lo concerniente a la banda ISM de 2.4 GHz y el uso de modulación de secuencia directa (DSSS). No se proveen mayores detalles acerca de esta subcapa, ya que escapan a la orientación del trabajo.

C.2.3 Administración PHY

El control de la capa física es responsabilidad de la llamada Entidad de Administración de Capa Física (PLME: *Physical Layer Management Entity*). Esta entidad provee una interfaz de servicio que permite invocar funciones de administración de capa.

Parámetros de Administración PHY

Entre otras muchas funciones, la entidad PLME define parámetros característicos relativos a la capa PHY importantes de mencionar en el presente trabajo.

Dos valores básicos en la operación del protocolo son la longitud del espacio SIFS y la duración de la ranura. Como se mencionó en *DCFTiming*, estos valores, dados por los parámetros *aSIFSTime* y *aSlotTime*, son fijados por la capa física. Están dados por las siguientes expresiones:

aSIFSTime es: $aRxRFDelay + aRxPLCPDelay + aMACProcessingDelay + aRxTxTurnaroundTime$.

aSlotTime es: $aCCATime + aRxTxTurnaroundTime +$

$aAirPropagationTime + aMACProcessingDelay$.

La tabla C.1 presenta los parámetros definidos por la capa física en relación a la operación del protocolo IEEE 802.11. El valor de las características estáticas para el caso de la DSSS PHY, correspondientes a la extensión 802.11b del estándar, en mostrado en la tabla C.2.

Nombre	Descripción
aSlotTime	El Tiempo de Ranura (en microsegundos) que la MAC usará para definir los períodos PIFS y DIFS.
aSIFSTime	Tiempo nominal (en microsegundos) que la MAC y PHY requieren para recibir el último símbolo de una trama en la interfaz aérea, la trama, y responder con el primer símbolo en la interfaz aérea.
aCCATime	El tiempo mínimo (en microsegundos) que dispone el mecanismo de CCA para verificar en cada ranura si el medio está ocupado u ocioso.
Nombre	Descripción
aTxPLCP-Delay	Tiempo nominal (en microsegundos) que el PLCP usa para despachar un símbolo desde la interfaz MAC a la bandeja de salida de la PMD.
aRxPLCP-Delay	Tiempo nominal (en microsegundos) que el PLCP usa para despachar un bit desde la bandeja de entrada de la PMD hacia la MAC.
aRxTx-SwitchTime	Tiempo nominal (en microsegundos) que la PMD toma en tornar desde recepción a transmisión.
aTxRamp-OnTime	Tiempo máximo (en microsegundos) que la PMD toma en encender el transmisor.
aTxRamp-OffTime	Tiempo nominal (en microsegundos) que la PMD toma en apagar el amplificador de transmisión.
aTxRFDelay	Tiempo nominal (en microsegundos) desde que la PMD recibe una solicitud de transmisión del PLCP y el comienzo del símbolo correspondiente en la interfaz aérea.
aRxRFDelay	Tiempo nominal (en microsegundos) entre el fin de un símbolo en la interfaz aérea y el registro de la indicación de transferencia de datos desde la PMD hacia el PLCP.
aAirPropa-gationTime	Tiempo pronosticado (en microsegundos) que le toma a la señal ir desde la estación transmisora hasta la receptora.
aMACProcess-ingDelay	Tiempo nominal (en microsegundos) que la MAC usa para procesar una trama y preparar una respuesta adecuada.
aPreamble-Length	Longitud actual del preámbulo PHY (en microsegundos). Si el valor verdadero no es un número entero de microsegundos, será redondeado al entero inmediatamente superior.
aPLCP-Header	Longitud actual de la cabecera PLCP (en microsegundos). Si el valor verdadero no es un número entero de microsegundos, será redondeado al entero inmediatamente superior.
aMPDU-MaxLength	Máximo número de octetos en una MPDU que pueden ser transportados por una unidad de datos de protocolo PLCP.
aCWmin	Tamaño mínimo de la ventana de contención, en unidades de aSlotTime.
aCWmax	Tamaño máximo de la ventana de contención, en unidades de aSlotTime.

Tabla C.1 Definición de características PHY

Característica	Valor
aSlotTime	20 microsegundos
aSIFSTime	10 microsegundos
aCCATime	≤ 15 microsegundos
aRxTxTurnaroundTime aTxPLCPDelay	≤ 5 microsegundos Se puede elegir cualquier valor que permita satisfacer los requerimientos de aRxTxTurnaroundTime.
aRxPLCPDelay	Se puede elegir cualquier valor que permita satisfacer los requerimientos de aSIFSTime y aCCATime.
aRxTxSwitchTime	≤ 5 microsegundos
aTxRampOnTime	Se puede elegir cualquier valor que permita satisfacer los requerimientos de aRxTxTurnaroundTime.
aTxRampOffTime	Se puede elegir cualquier valor que permita satisfacer los requerimientos de aSIFSTime.
aTxRFDelay	Se puede elegir cualquier valor que permita satisfacer los requerimientos de aRxTxTurnaroundTime.
aRxRFDelay	Se puede elegir cualquier valor que permita satisfacer los requerimientos de aSIFSTime y aCCATime.
aAirPropagationTime	1 microsegundo
aMACProcessingDelay	0 (no se aplica).
aPreambleLength	72 microsegundos
aPLCPHeader	24 microsegundos
aMPDUMaxLength	$4 \leq x \leq (2^{13} - 1)$
aCWmin	31
aCWmax	1023

Tabla C.2 Valores de características DSSS PHY