

Sistemas de transmisión inalámbrica

Departamento de Sistemas Telemáticos y Computación (GSyC)

gsync-profes (arroba) gsync.es

Septiembre de 2009



©2009 GSyC
Algunos derechos reservados.
Este trabajo se distribuye bajo la licencia
Creative Commons Attribution Share-Alike 3.0

Sistemas de transmisión inalámbrica

- Satélites (a distintas órbitas)
- Telefonía móvil: GSM, GPRS, EDGE, UMTS
- Infrarrojos: IRDA
- WirelessPAN (Personal Area Network, p.e. Bluetooth)
- WirelessLAN (Local Area Network, p.e. WiFi)
- WirelessMAN (Metropolitan Area Network, p.e. WiMax)

Ventajas de red inalámbrica:

- Movilidad del usuario
- Facilidad de implantación
- Flexibilidad

Inconvenientes:

- Velocidad de transmisión típicamente un orden de magnitud inferior que redes cableadas
- Ocupación del espectro
- Seguridad

Las redes inalámbricas permiten distintos niveles de movilidad

- No movilidad. El receptor debe estar en una posición fija
- Movilidad dentro del rango de la estación base
- Movilidad entre diferentes estaciones base

Resumen comparativo

Redes de Ordenadores

N.Comercial	Norma	Año	V.Trans	V.Útil	T. cdrom
Ethernet	IEEE 802.3	1982	10Mbps	1.2 MBytes/s	10 min
Fast Ethernet	IEEE 802.3y	1995	100Mbps	12 MBytes/s	1 min
Gigabit Ethernet	IEEE 802.3z	1998	1Gbps	120 MBytes/s	6 s
WiFi	IEEE 802.11b	1999	11 Mbps	700 KBytes/s	16 min
WiFi	IEEE 802.11g	2003	54 Mbps	3 MBytes/s	4 min
WiFi	IEEE 802.11n	2009	450 Mbps	40 MBytes/s	17 s
modem	V.90	1999	56kbps	5 KBytes/s	39 horas
adsl 256 kbps	ANSI T1.413	1998	256kbps	26 KBytes/s	8 horas
adsl 4Mbps	ANSI T1.413	1998	4Mbps	400 KBytes/s	30 min
adsl 2	ITU G.992.3/4	2002	12Mbps	1.3 MBytes/s	9 min
adsl 2+	ITU G.992.5	2005	24Mbps	2.6 MBytes/s	5 min

N.Comercial	Norma	Año	V.Trans	V.Útil	T. cdrom
USB 1.0	-	1996	1.5 Mbps	180 KBytes/s	1 hora
USB 2.0	-	2000	480 Mbps	60 MBytes/s	11 s
firewire 400	IEEE 1394a	1993	400 Mbps	50 MBytes/s	14s
firewire 800	IEEE 1394b	2003	800 Mbps	100 MBytes/s	7s
Bluetooth 1.1	IEEE 802.15.1	1994	1 Mbps	50 KBytes/s	4 horas
Bluetooth 2.0		2004	3 Mbps	160 KBytes/s	73 min

Telefonía

N.Comercial	Norma	Año	V.Trans	V.Útil	T. cdrom
2G	gsm	1987	9.6 kbps	500 Bytes/s	16 días
2.5 G	gprs	1999	56 Kbps	4 KByte/s	2 días
2.75 G	EDGE	2004	180 Kbps	12 KByte/s	16 horas
3G	UMTS	2003	384 Kbps	25 KBytes/s	8 horas
WiMAX	IEEE 802.16	2005	75 Mbps	4 MBytes/s	3 min
¿4G?	¿?	¿?	¿1Gbps?	¿?	

Los valores son orientativos

Año

- Puede ser el de definición de la norma, o el de aprobación o el de comercialización

Velocidad de Transmisión

- Se expresa en bits/s
- Se usan potencias de 10, no potencias de 2
- Son valores teóricos máximos en condiciones óptimas
- El fabricante/proveedor puede elegir diferentes valores entre los previstos por el estándar.
- En ocasiones subida \neq bajada

Velocidad Útil

- Bytes/s. Potencias de 2
- ¿Cuál es la carga útil que arrastra un camión lleno de fruta en almibar?
- Hay que descontar la sobrecarga de los protocolos
 - Entre el 5 % y el 15 % para cable
 - Hasta el 40 % para tecnología inalámbrica
- Muy dependiente de las circunstancias concretas

T.cdrom

- Estimación del tiempo necesario para descargar un cdrom (700 Mbytes)

Espectro Expandido

- Técnica común en muchas tecnologías inalámbricas
- Se ocupa una banda de frecuencias mayor de la requerida
- Desarrollado con fines militares (evitar interferencias y escuchas)
- Primera implementación: 1962 (sistema de guiado de torpedos)
- Minimiza la probabilidad o el impacto de las colisiones (que no pueden detectarse)
- Varios tipos
 - **FHSS**: Salto de Frecuencias (Frequency Hopping)
 - **DSSS**: Secuencia Directa (Direct Sequence)
 - **OFDM**: Frecuencias Ortogonales (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

Espectro Expandido por Salto de Frecuencias: FHSS

- Salto de frecuencias (Frequency Hopping Spread Spectrum)
- Se transmite en diferentes bandas de frecuencias, saltando de una a otra en forma predecible
 - En la patente original (Antheil, Lamarr, 1942) se usaba un rollo tipo pianola
 - No se implementa hasta los años 60
 - Actualmente emisor y receptor comparten generador de números pseudoaleatorios y semilla
- 802.11 establece 75 bandas de 1 MHz



Aug. 11, 1942.

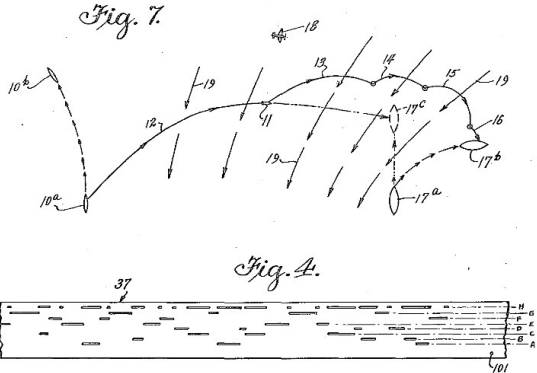
H. K. MARKEY ET AL

2,292,387

SECRET COMMUNICATION SYSTEM

Filed June 10, 1941

2 Sheets-Sheet 2



Patentado por Hedy Lamarr y George Antheil , 1942

Espectro Expandido por Secuencia Directa: DSSS

- Secuencia directa. *direct-sequence spread spectrum*
- El espectro *se expande* al transmitir varios bits por cada bit original
- Esta información redundante sigue un patrón preestablecido, así que en caso de error se considera el valor legal más próximo
- Para cada bit, se envía su XOR con n bits aleatorios (*chipping code*):
- Origen y destino conocen el *chipping code* y están sincronizados
- 802.11: Código chipping de 11 bits, 2 Mbps (1 Mbps en entornos ruidosos).
- 802.11b: Modulación CCK (complementary coding keying), 11 Mbps (caídas a 5.5 Mbps, 2 Mbps y 1 Mbps).

Ejemplo de transmisión con (*chipping code*):

Datos	0	1	1
	00000	11111	11111
Chipping Code	10101	11010	01001
Sec. Codificada	10101	00101	10110
Sec. Recibida	10101	00101	10110
Chipping Code	10101	11010	01001
Datos	00000	11111	11111
Datos	0	1	1

Si por error obtenemos 00101, supondremos que es un 0

Espectro expandido por división de frecuencias ortogonales: OFDM

Orthogonal Frequency Division Multiplexing

- Varias portadoras enviadas simultáneamente
- La detección de una portadora no limita la demodulación de otra
- Modulación muy robusta frente a la recepción de señales con distintos retardos y amplitudes
- Muy usada actualmente: TDT, WiFi, WiMax, ADSL

Acceso al medio en protocolos de enlace

- Reparto estático. Para n máquinas se divide el canal en n fragmentos y se asigna un fragmento a cada estación
- Reparto dinámico. Tiene en cuenta las condiciones del tráfico
 - Protocolos con contienda (*contention protocols*)¹. Las estaciones se *pelean* por el canal cuando necesitan transmitir
 - Protocolos sin contienda. No se usan mucho
 - Protocolos con contienda limitada. Enfoque mixto. Se crean grupos, cada grupo sabe cuándo puede usar el canal, dentro del grupo hay contienda

¹También se denominan *con colisiones* o *aleatorios*. A veces se traduce *contención*, lo que induce a confusión

Reparto estático del canal	Multiplexación por división en frecuencias	
	Multiplexación por división del tiempo	
Reparto dinámico del canal	Contienda	
	Libres de contienda	Reserva
		Consulta
	Contienda limitada	

Nivel de enlace: acceso al medio

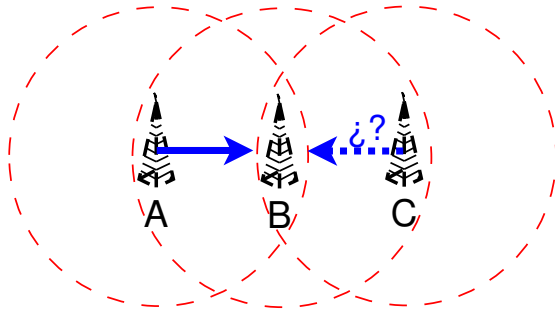
- En ethernet se emplea CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*)
- Pero en redes inalámbricas resulta demasiado costoso
 - Transmitir y recibir simultáneamente
 - Distinguir la señal del ruido
- Se intenta evitarlas:
 - Técnicas de espectro expandido
 - Protocolos de acceso al medio especiales: CSMA/CA, MACA

CSMA/CA: CSMA with Collision Avoidance

- Mecanismo general:
 - Si el canal está ocupado se espera a que esté libre
 - Si está libre, se espera un tiempo, y si sigue libre se transmite.
- El tiempo de espera puede ser fijo, aleatorio, o dependiente de la estación.

CSMA/CA: problemas

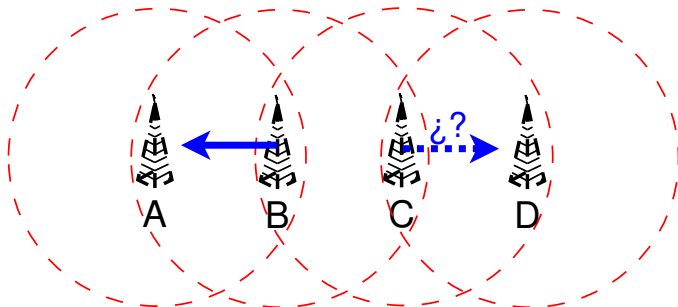
- Nodos ocultos: Una estación cree que el canal está libre, pero está ocupado por otro nodo al que no oye.



- A está transmitiendo a B
- C quiere transmitir a B. C escucha el canal, y como no oye a A, transmite: MAL (colisión en B).

CSMA/CA: problemas (2)

- Nodos expuestos: Una estación cree que el canal está ocupado, pero está libre (el nodo al que oye no le interferiría)



- B está transmitiendo a A.
- C quiere transmitir a D. C escucha el canal, y como sí oye a B, no transmite: MAL (no habría colisión en D).

CSMA/CA: problemas (3)

- Conclusión ¿de qué sirve escuchar el medio antes de transmitir?
- a veces hay silencio pero no se debe transmitir
- a veces hay señal pero se puede transmitir

MACA: Multiple Access with Collision Avoidance

Antes de transmitir no se detecta el medio para detectar una portadora.

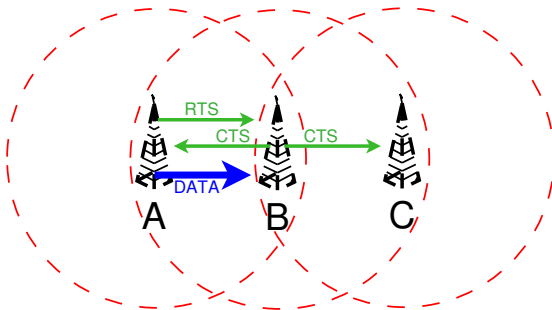
- Antes de transmitir el emisor envía una trama RTS (RequestToSend), indicando la longitud de datos que quiere enviar.
- El receptor le contesta con una trama CTS (ClearToSend), repitiendo la longitud.
- Al recibir el CTS, el emisor envía sus datos

Reglas:

- Al ver un RTS, hay que esperar un tiempo por el CTS
- Al ver un CTS, hay que esperar según la longitud

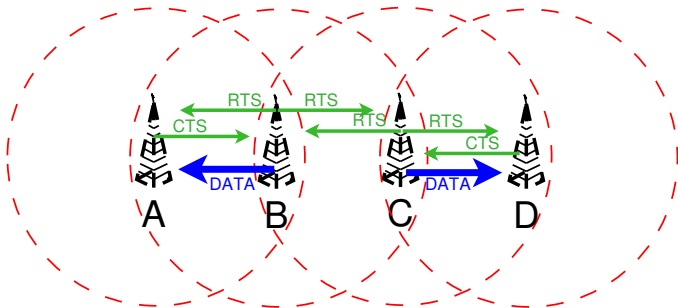
Las tramas RTS y CTS crean una *portadora virtual*

MACA: nodos ocultos



El CTS de B llega a C, por lo que C espera para transmitir: BIEN

MACA: nodos expuestos



- C no oye el CTS de A, por lo que puede intentar su RTS hacia D, que será respondido por D, y se enviarán los datos: BIEN
- MACA no resuelve todos los casos de nodos expuestos, e introduce otros nuevos