

CAPA 2

Taller de Redes Inalámbricas

Tecnólogo en Telecomunicaciones





Agenda

Servicios Capa 2

Protocolos de Acceso Múltiple

Protocolos de Acceso Aleatorio

Protocolos con Partición del Canal

Protocolos de Acceso por Turnos

Agenda

Servicios Capa 2

Protocolos de Acceso Múltiple

Protocolos de Acceso Aleatorio

Protocolos con Partición del Canal

Protocolos de Acceso por Turnos

Principales servicios brindados por Capa 2 en redes inalámbricas

- Media Access Control (MAC) sublayer, protocolos de acceso múltiple:
 - Protocolos de acceso fijo (ej: TDMA, FDMA, CDMA)
 - Protocolos de acceso aleatorio (ej: Wifi)
- Logical Link Control (LLC) sublayer:
 - Control de Errores
 - Control de Flujo



Agenda

Servicios Capa 2

Protocolos de Acceso Múltiple

Protocolos de Acceso Aleatorio

Protocolos con Partición del Canal

Protocolos de Acceso por Turnos





Protocolos de Acceso Múltiple

- Canal de comunicaciones compartido
- Si dos o más nodos desean transmitir simultáneamente habrá problemas de interferencia

Protocolos de Acceso Múltiple:

- Algoritmos que determinan cómo las estaciones comparten el canal
- en este tipo de protocolos hay que analizar:
 - sincrónicos y asincrónicos
 - la información que se necesita de otras estaciones
 - la robustez
 - el desempeño





Protocolos de Acceso Múltiple

Existen tres clases principales:

- Partición del Canal (dividen el canal en partes (ej: time slots) y asignan las partes a los nodos para su uso exclusivo)
- Acceso Aleatorio (pueden existir colisiones, implementan formas de recuperarse ante colisiones)
- Acceso por turnos (se coordina el acceso para que no existan colisiones)

Meta

eficiencia, justicia, simpleza, descentralizado





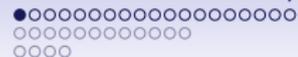
Medidas generales de las características de los protocolos

Tasa del canal: R (bps)

Medidas:

- Eficiencia: throughput de un único usuario R
- Justicia: mínimo throughput por usuario R/N (N usuarios)
- Descentralizado: tolerancia a Fallos
- Simpleza: implementación, consumo de recursos, etc





Agenda

Servicios Capa 2

Protocolos de Acceso Múltiple

Protocolos de Acceso Aleatorio

Protocolos con Partición del Canal

Protocolos de Acceso por Turnos

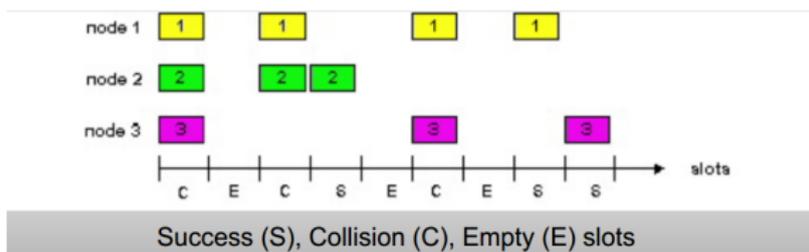




ALOHA ranurado

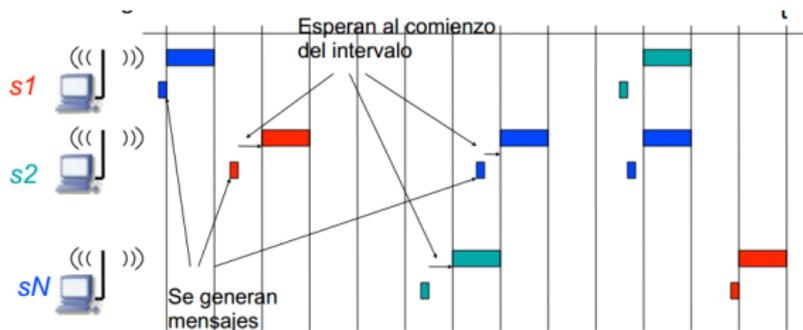
Características:

- El tiempo es dividido en ranuras (slots) de igual tamaño
- Cuando un nodo tiene un paquete para enviar lo transmite al comienzo del próximo slot
- Si hay colisión retransmite el paquete en el próximo slot con probabilidad p , hasta que tenga éxito





ALOHA ranurado

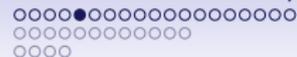




ALOHA ranurado - EFICIENCIA

¿cuál es la máxima fracción de slots exitosos?

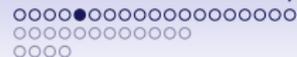
- Asumimos n estaciones con paquetes para enviar
- Cada uno transmite en un slot con probabilidad p
- Se define P como la probabilidad de una comunicación exitosa:



ALOHA ranurado - EFICIENCIA

¿cuál es la máxima fracción de slots exitosos?

- Asumimos n estaciones con paquetes para enviar
- Cada uno transmite en un slot con probabilidad p
- Se define P como la probabilidad de una comunicación exitosa: $P = np(1 - p)^{n-1}$



ALOHA ranurado - EFICIENCIA

¿cuál es la máxima fracción de slots exitosos?

- Asumimos n estaciones con paquetes para enviar
- Cada uno transmite en un slot con probabilidad p
- Se define P como la probabilidad de una comunicación exitosa: $P = np(1 - p)^{n-1}$
- eligiendo el óptimo p , $p = 1/n$, cuando $n \rightarrow \infty$,
 $P \approx 1/e = 0,37$

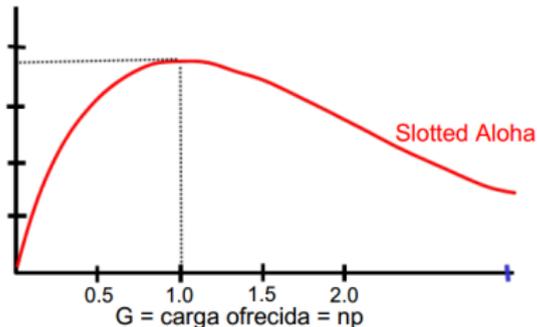
En el mejor caso el canal se utiliza para transmisiones exitosas el 37 % del tiempo!!!





ALOHA ranurado - Goodput vs Carga Ofrecida

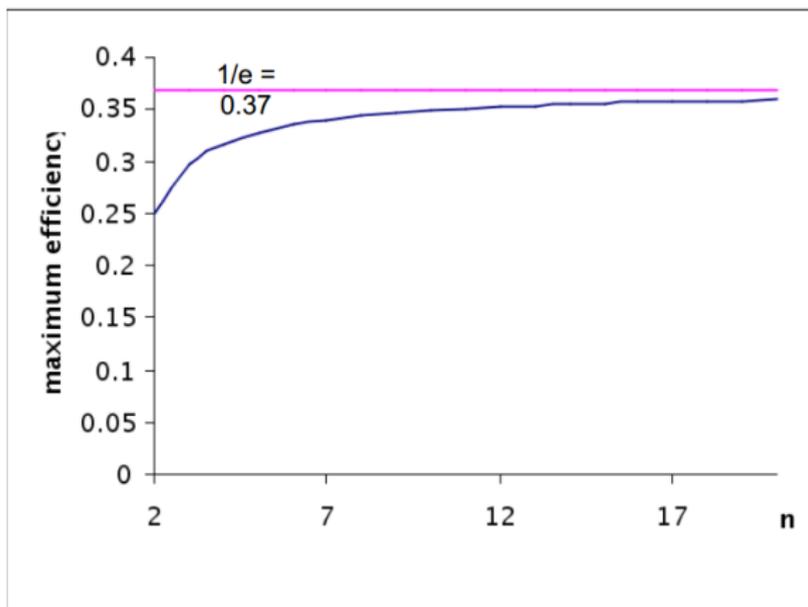
S = throughput =
"goodput"
(tasa de
transmisiones
exitosas)



- cuando $np < 1$, si p (ó n) se incrementa:
 - la probabilidad de slots vacíos se reduce
 - la probabilidad de colisión es todavía baja, entonces el goodput se incrementa
- cuando $np > 1$, si p (ó n) se incrementa:
 - la probabilidad de slots vacíos no se reduce mucho, pero
 - la probabilidad de colisiones aumenta y por lo tanto el goodput disminuye



ALOHA ranurado - Eficiencia Máxima vs n

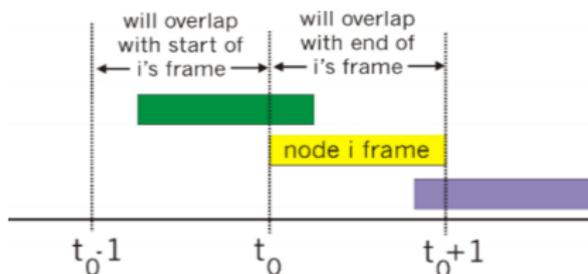




ALOHA no ranurado

Características:

- Es más simple y no requiere sincronización
- Los paquetes a ser transmitidos se envían sin esperar el comienzo de un slot
- Deficiencia: La probabilidad de colisiones aumenta
 - En el ranurado los paquetes colisionaban sólo con los enviados en su slot
 - Ahora, un paquete enviado en t_0 , colisiona con paquetes enviados en $[t_0 - 1, t_0 + 1]$





ALOHA no ranurado

P : probabilidad de éxito de un nodo dado.

$P = P(\text{nodo transmite}) \times P(\text{ningún otro nodo transmite en } [t_0 - 1, t_0]) \times P(\text{ningún otro nodo transmite en } [t_0, t_0 + 1])$

$$P = p(1 - p)^{N-1}(1 - p)^{N-1} \quad (1)$$

Por lo tanto, la probabilidad de éxito de cualquiera de los nodos:

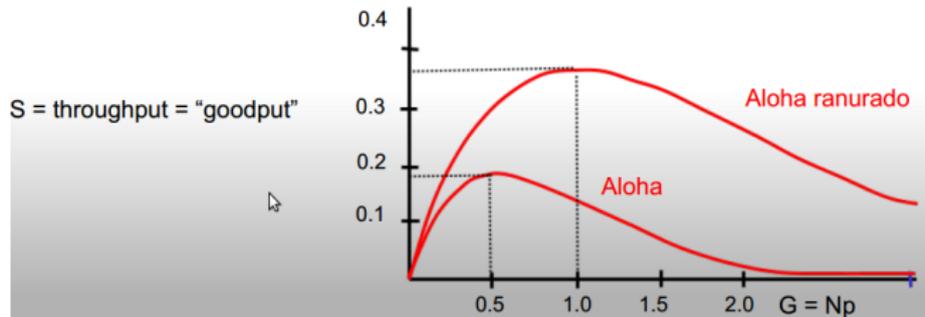
$$P = Np(1 - p)^{N-1}(1 - p)^{N-1} \quad (2)$$

Eligiendo el óptimo $p = 1/(2N - 1)$, cuando $N \rightarrow \infty$,
 $P \approx 1/(2e) = 0,18$





ALOHA no ranurado vs ALOHA ranurado





Resumen ALOHA

Tasa del canal= R bps

Desempeño :

- Un sólo usuario: $\text{Throughput} = R$
- Múltiples usuarios: $\text{Throughput conjunto} = 0,37R$ ó $0,18R$
- Descentralizado (en ranurado se necesita la sincronización de slots)
- simple

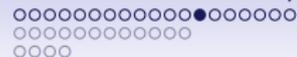




CSMA Carrier Sense Multiple Access

Características:

- escucho antes de transmitir
- si el canal está libre transmito
- si el canal está ocupado, difiero la transmisión
 - **CSMA persistente:** retransmito inmediatamente que el canal queda libre con probabilidad p
 - **CSMA no persistente:** retransmito luego de un tiempo aleatorio
- Pueden ocurrir colisiones (se debe tener en cuenta el retardo de propagación y la distancia)

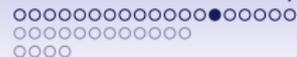


CSMA/CD Collision Detection - Redes Cableadas

Características:

- Se detectan las colisiones cuando lo que se escucha no es igual a lo que se transmite
- Cuando se detecta una colisión, aborta la transmisión
- Puede ser con retransmisiones persistentes o no persistentes
- La detección de colisiones es fácil de usar en LAN Cableadas, **¿por qué no en LAN inalámbricas?**



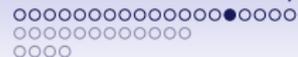


CSMA/CA Collision Avoidance - Redes Inalámbricas

Características (a lo dicho de CSMA se le suma):

- Se intercambian tramas de control:
 - RTS request to send
 - CTS clear to send
 - DATA trama de datos
 - ACK acknowledgement
- Ventajas
 - tramas de control “pequeñas”
 - RTS + CTS brindan la posibilidad de hacer una detección de portadora “virtual” que protege contra las colisiones de tipo “hidden terminal”
- Desventajas
 - No soluciona todos los problemas
 - No es tan eficiente como CSMA/CD





IEEE 802.11 - Wifi

Utiliza CSMA/CA + Mecanismo de backoff (contención con acceso aleatorio), también conocido como DCF

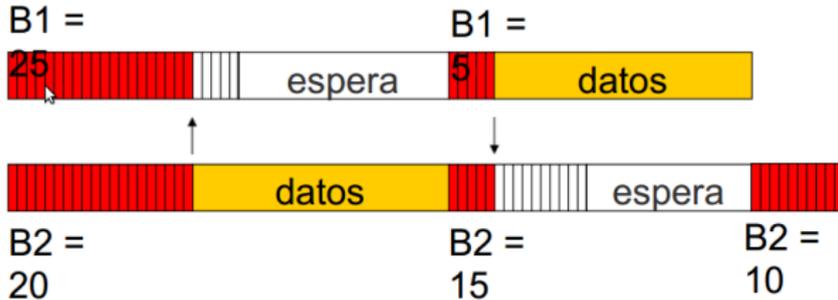
Operación:

- Cada nodo sorteá un número aleatorio de espera, contador de backoff
- Espera ese número de slots monitoreando el canal, decrementa en una unidad por cada slot
- Si el canal se mantiene inactivo y alcanza el cero, transmite
- si el canal se detecta activo (en algún momento de la espera), congela el contador y espera hasta que se vuelva a quedar inactivo. Recién en ese momento continúa la cuenta decreciente.



IEEE 802.11 - Wifi

Funcionamiento básico de DCF:



B1 y B2 son los intervalos de backoff en 1 y 2



IEEE 802.11 - Ventana de Contención

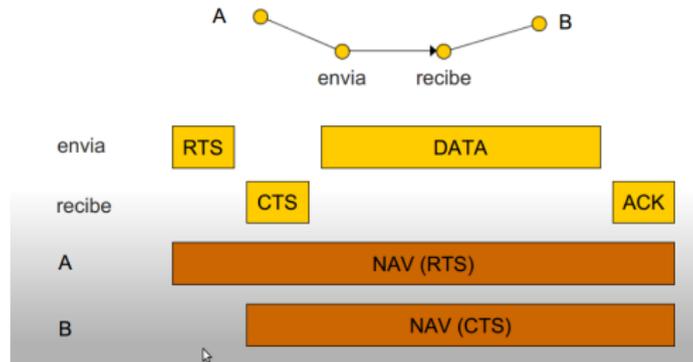
- Número aleatorio seleccionado entre $[0, CW]$
- CW se setea de forma adaptativa
 - comienza con $CW=31$
 - Si no llega un ACK entonces se incrementa a $2 \cdot CW + 1$ (63, 127, 255)
 - Se vuelve a $CW=31$ cuando hay una transmisión exitosa
- El esquema adaptativo de 802.11 puede ser “injusto”
 - Cuando hay contención, nodos con poca “suerte” utilizan valores de CW más altos que los con “suerte” (debido al reseteo de CW después de una transmisión exitosa)
 - Los nodos con suerte pueden transmitir varios paquetes mientras que el otro nodo espera para poder mandar uno
 - En transmisiones largas esto se debería compensar
- Esquemas más justos utilizan la misma ventana para todos los nodos pero requiere más coordinación..





IEEE 802.11 - Wifi

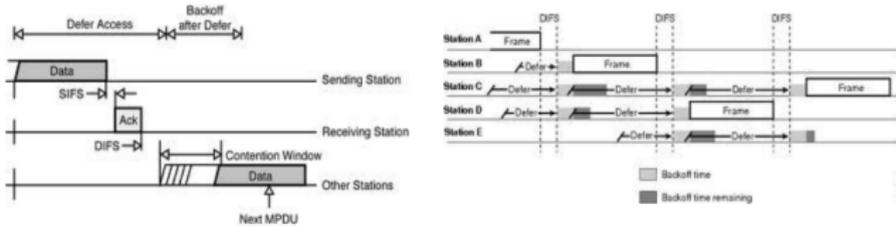
Funcionamiento RTS/CTS de DCF con Sensado Virtual de Portadora (llamado “Network Allocation Vector”)



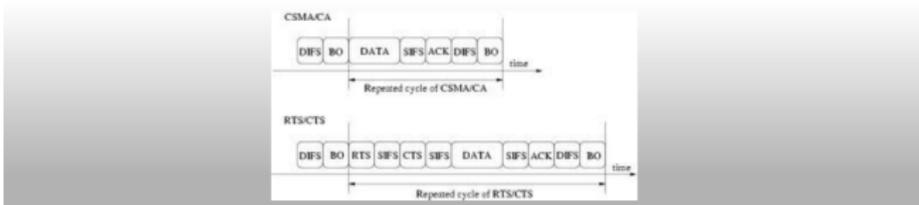
- Se obtiene si se utiliza RTS/CTS
 - Diseñado para proteger del problema de las colisiones por terminal oculta “hidden terminal collisions”
 - No soluciona todos los problemas: ej Problema de Termin
- expuesta

IEEE 802.11 - Wifi

Si no se usa RTS/CTS:



Comparación entre ambos casos:





Agenda

Servicios Capa 2

Protocolos de Acceso Múltiple

Protocolos de Acceso Aleatorio

Protocolos con Partición del Canal

Protocolos de Acceso por Turnos



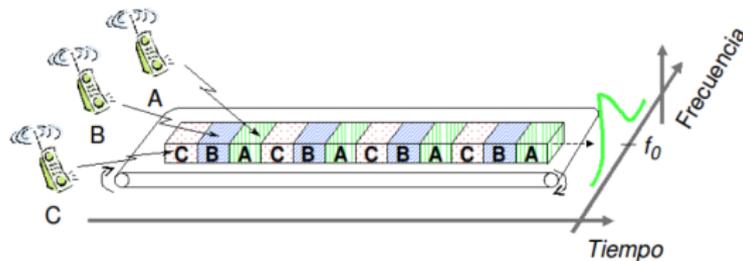
TDMA: time division multiple access

- acceden al canal en “rounds”
- cada nodo obtiene un slot de largo fijo (largo = paq trans tiempo) en cada round
- slots no usados quedan inactivos
- ineficiente para usuarios con poca actividad y con baja carga.





TDMA



Todo el espectro es utilizado por solo un usuario, pero durante un time slot de determinada duración.

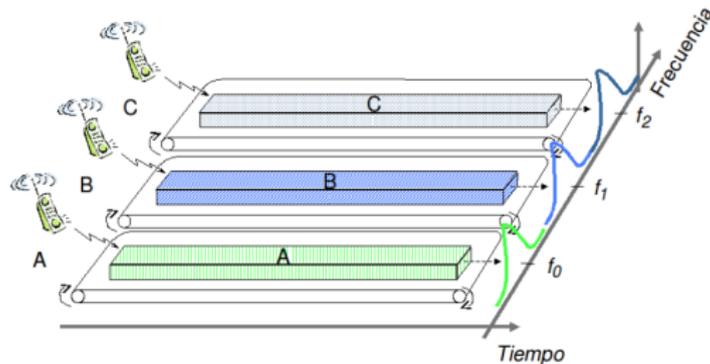


FDMA: frequency division multiple access

- el espectro del canal dividido en bandas de frecuencia
- cada nodo es asignado a una banda de frecuencia fija
- los tiempos de transmisión no usados en una banda de frecuencia se pierden



FDMA



El espectro disponible se divide en varios sub-canales en frecuencia, luego distribuidos entre los usuarios.

Obs: **GSM** es un sistema híbrido FDMA/TDMA



TDMA y FDMA

Tasa del canal: R (bps)

Medidas:

- Eficiencia: $\text{throughput} = R/N$ (en su versión más simple)
- Justicia: todos obtienen la misma asignación
- Descentralizado: requiere la división del recurso y la asignación.
- Simples





CDMA: code division multiple access

- un único “código” asignado a cada usuario
- todos los usuarios comparten la misma frecuencia, tiene su propia secuencia de “chipping” (código) para codificar sus datos.
- señal codificada = (señal original) \times (secuencia de chipping)
- decodificación: producto de la señal codificada y la secuencia de chipping
- permite que varios usuarios coexistan y transmitan simultáneamente con interferencia mínima (si los códigos son “ortogonales”)





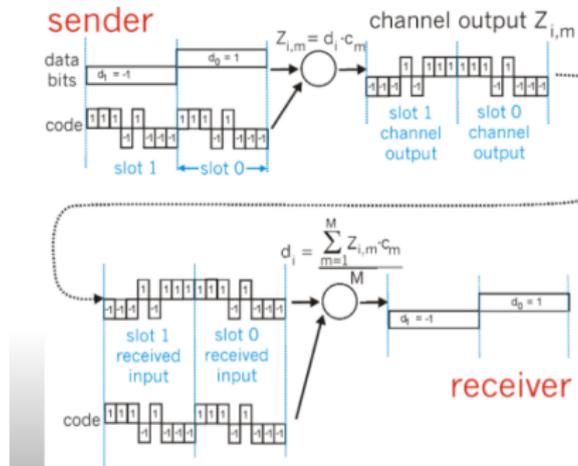
CDMA

- Códigos ortogonales:
 - ★ $\langle c_i, c_j \rangle = 0$ si $i \neq j$,
 - ★ $\langle c_i, c_i \rangle = 1$ si $i = j$
- Codificación del usuario i :
 - ★ si $Bit = 1$ envía $+c_i$
 - ★ si $Bit = 0$ envía $-c_i$
- Decodificación:
 - ★ Recibe un vector r_i
 - ★ Calcula $t = \langle r_i, c_i \rangle$
 - ★ Si $t = 1$ entonces $Bit = 1$
 - ★ Si $t = -1$ entonces $Bit = 0$





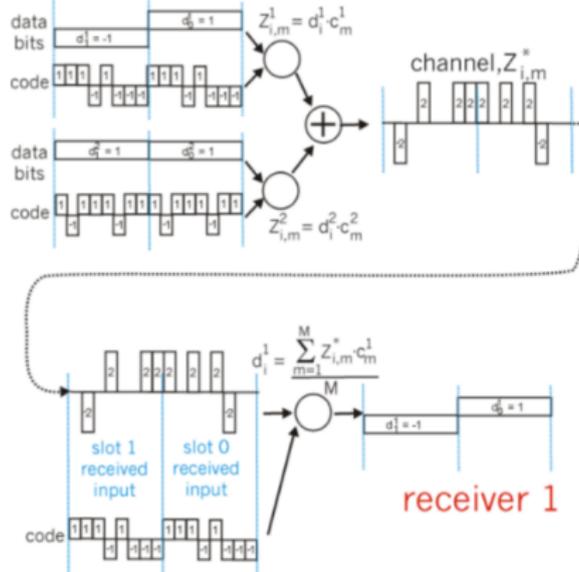
CDMA codificación/decodificación

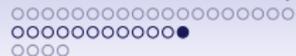




CDMA interferencia entre dos usuarios

senders





Ejemplos de tecnología que usan CDMA

- 3G - WCDMA
- HSDPA



Agenda

Servicios Capa 2

Protocolos de Acceso Múltiple

Protocolos de Acceso Aleatorio

Protocolos con Partición del Canal

Protocolos de Acceso por Turnos





Protocolos de Acceso por Turnos

Protocolos con Partición del Canal

- eficientes en alta carga
- ineficientes en baja carga (un nodo en gral no puede usar todos los recursos aunque estén libres)

Protocolos de Acceso Aleatorio

- eficientes en baja carga: un sólo nodo puede utilizar todos los recursos disponibles
- ineficientes en alta carga: colisiones

Protocolos de Acceso por Turnos

Buscan tomar lo mejor de los anteriores

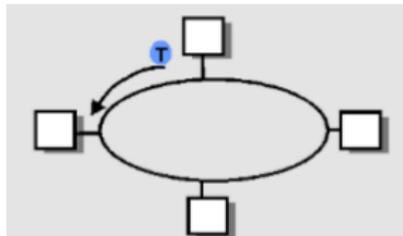




ejemplos de Protocolos de Acceso por Turnos

Ejemplos

- poleo, master/slave
- “Token Passing”



IEEE 802.11 tiene definido (además de DCF) un mecanismo de este estilo conocido como PCF. En la práctica no se utiliza.



¿Preguntas?