

# "El que hizo en clase"

## EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES SEGUNDA CONVOCATORIA (2021/2022)

Se quiere establecer comunicación entre dos equipos A y B. Para ello utilizamos tres routers: R1, R2 y R3, de tal forma que A está unido a R1, R1 a R2, R2 a R3 y R3 a B.

-A está unido a R1 mediante un switch Ethernet a 100 Mbps.

-R1 y R2 están unidos mediante una red WIFI 802.11n con los siguientes datos:

Tasa=300Mbps, Tasa mínima=6Mbps (ni 1Mbps ni 2 Mbps como pasa en 802.11b), preámbulo largo, DIFS=25 $\mu$ s, SIFS=5 $\mu$ s, slot de contención=10 $\mu$ s, intervalo para backoff [3:27], en modo AD-HOC y RTS threshold de 1000 Bytes. (nota: algunos de estos datos son particulares para el problema y no coinciden con la norma)

-R2 y R3 están unidos mediante tecnología SDSL (que es como ADSL pero simétrica, con la misma velocidad, 100 Mbps, en ambos sentidos) y sabemos que encapsula los datagramas IP sobre AAL5 y éste sobre ATM.

-R3 está unido a B mediante un enlace Giga-Ethernet half-duplex con un tamaño mínimo de trama de 700 octetos. (de nuevo este dato es particular para el problema y no coincide con la norma)

El MTU es siempre 1500 Bytes.

Tanto en A como en B tenemos un sensor atmosférico que genera información hacia el otro extremo. Esta información es de dos tipos. En el primero de ellos las muestras son de 60 octetos cada 7 ms. Para su transmisión se encapsula cada muestra en IPv4 añadiendo 12 octetos de RTP y 8 de UDP. Por otro lado, se genera una muestra de 1 octeto cada 125  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv6 con 12 octetos de RTP y 8 de UDP cada 25 ms.

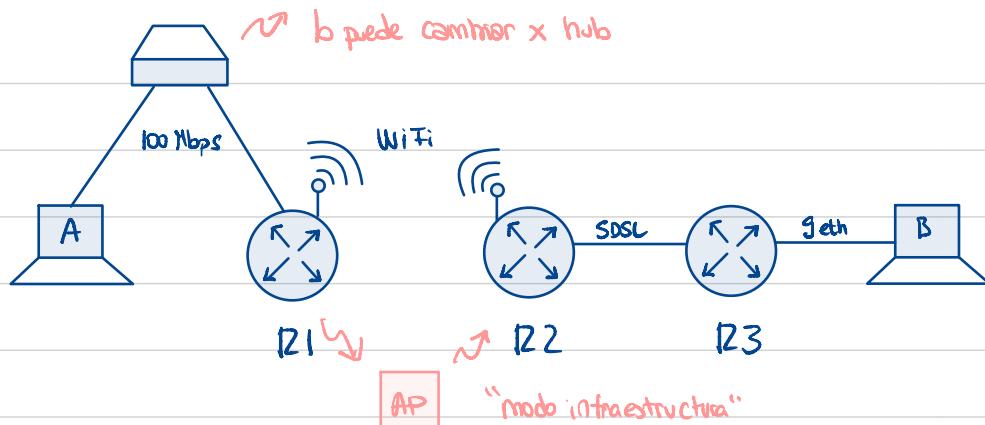
Para el diseño nos indican que debemos utilizar para IPv4, subredes de tamaño 16 direcciones. No existen restricciones para IPv6.

**1. - Definir las redes IP (IPv4 e IPv6) y asignar direcciones IPv4 e IPv6 a las máquinas A, B, R1, R2 y R3. (1pto)**

**2. - Si realizamos un "ping -R -s 200" (en S.O. Linux) entre A y B, se nos pide que listemos los datagramas que aparecen en cada interfaz, indicando el contenido del campo TTL y opciones de la cabecera. Suponiendo que funciona correctamente, hacerlo sólo para el primer ping. (1,5ptos)**

**3. - Se nos pide que realicemos un diagrama temporal que nos permita estimar el tiempo de ida y vuelta del ping. (2ptos)**

**4. - Para completar el diseño se nos pide que estudiemos cuál de los enlaces es más restrictivo. Para ello vamos a suponer que tanto en A como en B hay un número N de sensores que es igual para los dos extremos y vamos a calcular el valor de N para que pudieran estar transmitiendo simultáneamente sin congestionar el enlace. La valoración será la siguiente: enlace A-R1 (1pto), enlace R1-R2 (2ptos), enlace R2-R3 (1pto) y enlace R3-B (1,5ptos)**



Conexiones:

- \* A - R1: switch Ethernet a 100 Mbps
- \* R1 - R2: WiFi 802.11n

Tasa mínima: 6 Mbps

preámbulo largo

DIFS: 2  $\mu$ s SIFS: 5  $\mu$ s Slot: 10  $\mu$ s Backoff [3:27]

ADHOC y RTS Threshold de 1000 B DIFS = 2 · slot + SIFS

- \* R2 - R3: SDSL (como ADSL) pero simétrica a 100 Mbps en ambos sentidos  
encapsula IP sobre AAL5 y este sobre ATM

- \* R3 - B: Ethernet half-duplex con tamaño min. de 700 B

MTO siempre 1500 B.

A → sensor manda 60 B cada 7 ms IPv4

+ 12 B RTP + 8 B UDP

Datos = 60 B cada 7 ms

1B cada 12 ms

que se agrupa y se transmite sobre IPv6 cada 25 ms

+ 12 B RTP + 8 B UDP

1B → 0,12 ms

× ← 25 ms

Datos = 200 B cada 25 ms

Subredes de 16 direcciones ipv4 →  $2^4 = 16$ , 4 bits para direcciones

① Definir las redes IP y asignar direcciones IPv4 e IPv6

IPv4:

Tamaño /6 => faltan 4 bits para direcciones, es decir,  
de los 32 bits de IPv4

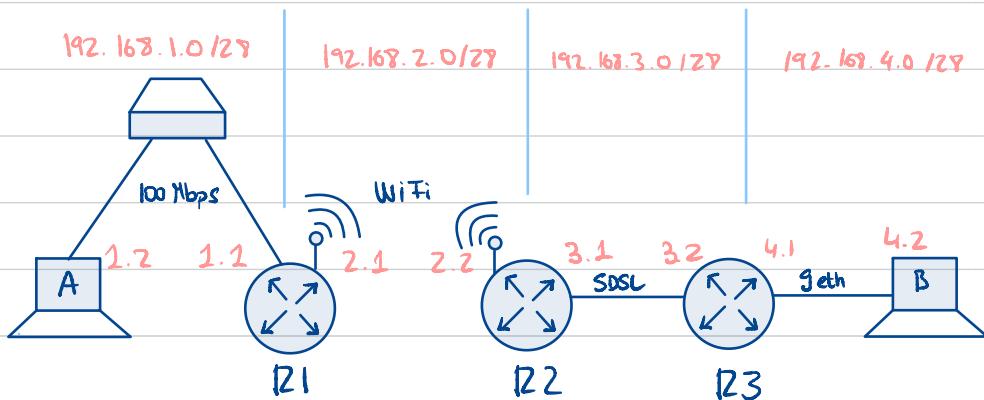
2) fijo 4 para @

0 - 1111 (16)

1111 1111. 1111 1111. 1111 1111. 1111 X XXX ↑  
255            255            255            240

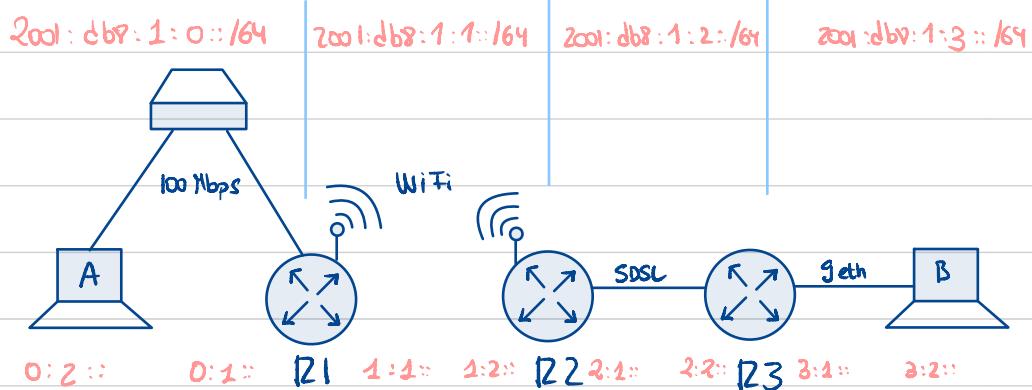
Máscara de subred 255.255.255.240

Para IPv4:



Para IPv6 se recomiendan subredes /64

La organización tiene  $2001:\text{db8}:1::/48$   
 $4 \cdot 4 \cdot 3 = 48$  bits



$\overbrace{/64}^{16\text{ bits}} \rightarrow \text{subred } (16\text{ bits}) \Rightarrow 2^{16} \text{ subredas (hasta ffff)}$

A  $\rightarrow 2001:\text{db8}:1:0:2::$

R<sub>1</sub>  $\rightarrow 2001:\text{db8}:1:0:1::$

2001:db8:1:1:1::

R<sub>2</sub>  $\rightarrow 2001:\text{db8}:1:1:2::$

2001:db8:1:2:1::

R<sub>3</sub>  $\rightarrow 2001:\text{db8}:1:2:2::$

2001:db8:1:3:1::

B  $\rightarrow 2001:\text{db8}:1:3:2::$

2) ping -R -S 200 entre A y B. Listar los datos para que operen en cada interfaz, indicando el contenido del TTL y opciones de traza.

ping -R (en la práctica 1-1) IP de salida de los nodos que atraviesa. Importante notar que el comando es IPv4 no IPv6. El ping empieza con TTL de 64 (por defecto Linux)

	Camino	IP	TTL
IPv4	A - R1	1.2	64
	R1 - R2	2.1	63
	R2 - R3	3.1	62
	R3 - B	4.1	61
IPv6	B - R3	4.2	61
	R3 - R2	4.2	64
	R2 - R1	2.2	63
	R1 - A	1.1	61

## ICMP Request

- En A-R1

TTL 64

Options : (40B), record route

IP option - record route (39B)

Recorded route 192.168.1.2

Empty route : 0.0.0.0

- En R1-R2

TTL 63

Options : (40B), Record route

IP Options - Record route (39B)

Recorded route 192.168.1.2

Recorded route 192.168.2.1

Empty route

- En R2-R3

TTL 62

Options : (40B), Record route

IP Options - Record route (39B)

Recorded route 192.168.1.2

Recorded route 192.168.2.1

Recorded route 192.168.3.1

Empty route

- En R3-B TTL : 61

Options : (40B), Record route

IP Options - Record route (39B)

Recorded route 192.168.1.2

Recorded route 192.168.2.1

Recorded route 192.168.3.1

Recorded route 192.168.4.1

Empty route

ICMP Reply TTL : 64

- En R3-B

Options : (40B), Record route

IP Options - Record route (39B)

Recorded route 192.168.1.2

Recorded route 192.168.2.1

Recorded route 192.168.3.1

Recorded route 192.168.4.1

Recorded route 192.168.4.2

Recorded route 192.168.4.2

En R3-R2

TTL : 63

Options : (40B), Record route

IP Options - Record route (39B)

Recorded route 192.168.1.2

Recorded route 192.168.2.1

Recorded route 192.168.3.1

Recorded route 192.168.4.1

Recorded route 192.168.4.2

Recorded route 192.168.4.2

Recorded route 192.168.3.2

En R2-R1

TTL: 62

Options : (40B), Record route

IP Options - Record route (39B)

Recorded route 192.168.1.2

Recorded route 192.168.2.1

Recorded route 192.168.3.1

Recorded route 192.168.4.1

Recorded route 192.168.4.2

Recorded route 192.168.4.2

Recorded route 192.168.3.2

Recorded route 192.168.2.2

En R1-A

TTL: 61

Options: (40B), Record route

IP Options - Record route (39B)

Recorded route 192.168.1.2

Recorded route 192.168.2.1

Recorded route 192.168.3.1

Recorded route 192.168.4.1

Recorded route 192.168.4.2

Recorded route 192.168.4.2

Recorded route 192.168.3.2

Recorded route 192.168.2.2

Recorded route 192.168.1.1

jy si nos hubiera preguntado por un traceroute)

Se comienza con 30 hops max

Se empieza con paquetes UDP de TTL inicial a 1 y se ve suavidad

A - R1 (TTL 1) → al restar 1 y llegar a 0 informa time to live exceeded (R1 informa a A de q se ha llegado a 0)

A - R1 - R2 (TTL 2)

time to live exceeded (R2 informa a A de q se ha llegado a 0)

A - R1 - R2 - R3 (TTL 3) (R3 informa a A de q se ha llegado a 0)

A - R1 - R2 - R3 - B (TTL 4) OK!

\$ traceroute 192.168.4.2 , 30 hops max

1 192.168.1.1

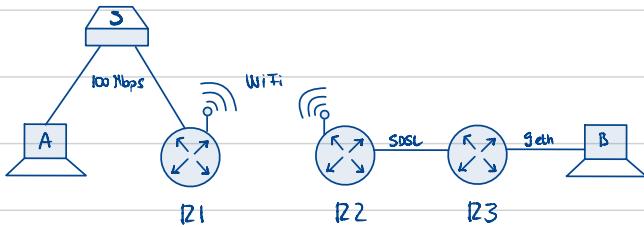
2 192.168.2.2

3 192.168.3.2 ← interfaz de entrada!

4 192.168.4.2

← TTL

3) Diagrama temporal para estimar el tiempo de ida y vuelta del ping.



Datos = 200B (mínimo si no especifican en 64)

200B from 192.161 ← para el tamaño de datos q manda

$$\begin{aligned}
 & \text{no lo pilla Wireshark} & \text{no lo pilla WS} \\
 \text{Ethernet headers: } & 8\text{ B (framabul)} + 6+6\text{ (@16c)} + 4\text{ (CRC)} \\
 & + 2\text{ (Tipo)} = 26\text{ B}
 \end{aligned}$$

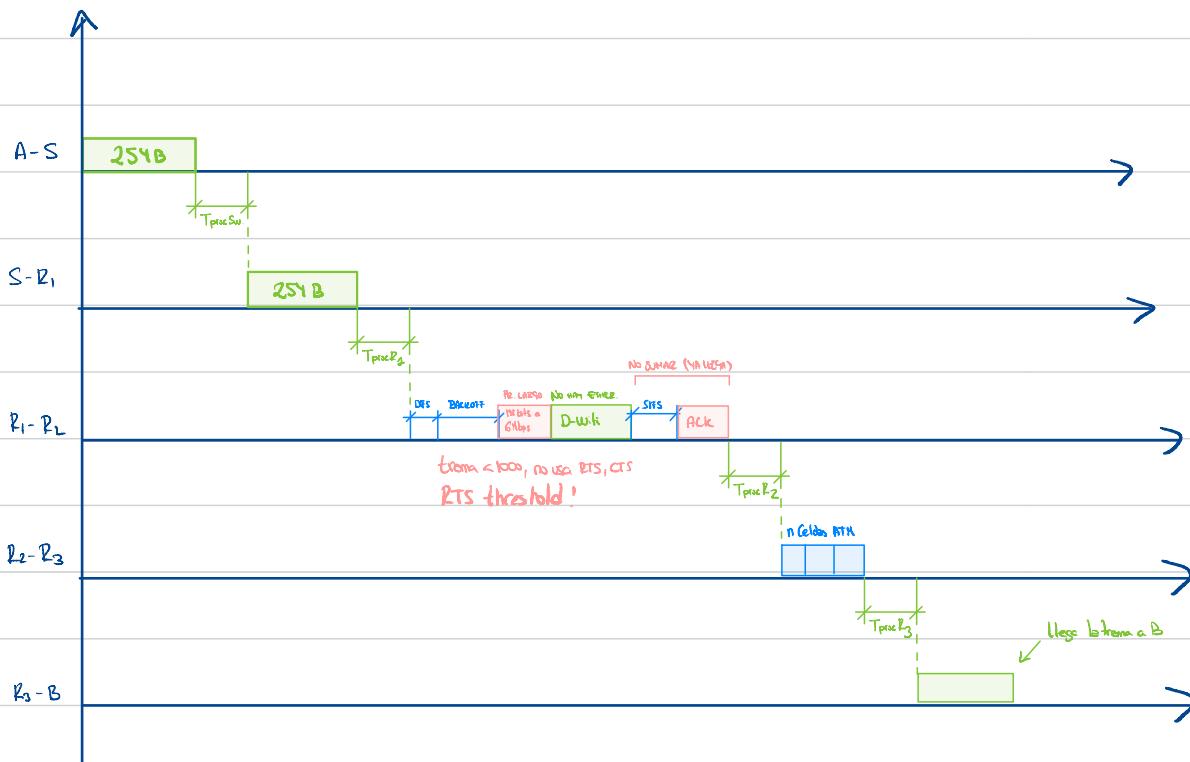
$$\text{(Cabeza IP)} = 20\text{ B}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cabezas ICHP: } & 1\text{ B (Type)} + 1\text{ B (Code)} + 2\text{ B (Checksum)} \\
 & + 2\text{ B (Ident.)} + 2\text{ B (Segnum)} = 7\text{ B}
 \end{aligned}$$

$$\text{Total cabecera} = 54\text{ B}$$

$$\text{Total datos} = 200\text{ B} \quad \text{TOTAC} = 254\text{ B}$$

## REQUEST



\* A-S (Ethernet 100Mbps)

$$\text{Vamos a } 100 \text{ Mbps} \Rightarrow T_t = \frac{254 \times 8}{2 \cdot 10^9 \text{ bps}} = 2.032 \cdot 10^{-9} \text{ s} = 20.32 \mu\text{s}$$

\* S-R<sub>1</sub> (Ethernet 100Mbps)

$$\text{Igual que anterior } T_t = 20.32 \mu\text{s}$$

\*  $R_1 - R_2$  WiFi  $\Rightarrow$  trama sin cabecera ethernet! 229 B

! En WiFi quita la cabecera Ethernet! No transmites x CABLE!

Trama MAC Data

802.11b receptor transmitente control (a:b, 2A, M)								
frame control	duration ID	@1	@2	@3	seq num	@4	D	TCS
2	2	6	6	6	2	6	4	

= 34 BYTES

$$\text{medio } (27-3)/2 = 12 \text{ slots}$$

$$\text{Backoff (random entre } 2-27) \rightarrow 12 \times 10 \mu\text{s (tslot)} = 120 \text{ ns}$$

$$DIFS = 25 \mu\text{s}$$

$$T_t (R_1 - R_2) = DIFS + \text{ACKOFF} + T_{\text{pr largo}} + T_E \Rightarrow$$

$$\text{pr largo, corto} = 120 \text{ B } \text{ICMP+IP+Datos} \text{ Cabecera WiFi}$$

$$T_t (R_1 - R_2) = 2,5 \cdot 10^{-7} + 1,2 \cdot 10^{-4} + \frac{192 \text{ bit}}{6 \cdot 10^6 \text{ bps}} + \frac{(229+34) \cdot 8}{3 \cdot 10^9 \text{ bps}} = 193,99 \text{ ns}$$

$\uparrow$   $\uparrow$   $\uparrow$

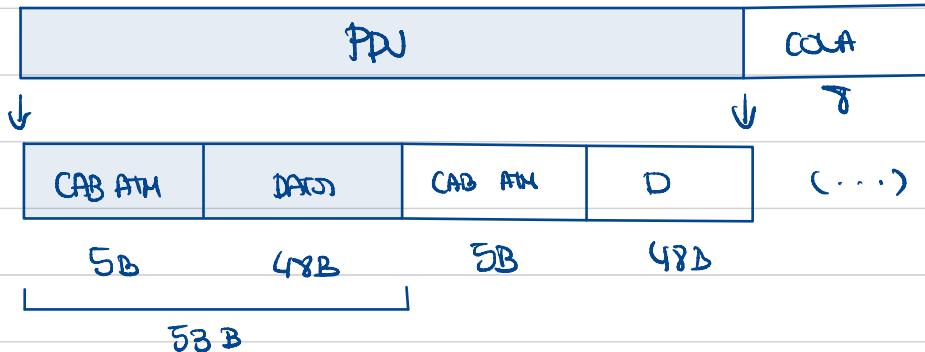
↓ Tasa mínima (sin pillar tx x defecto (Arriba))

! Si no recibo ACK se repite  $T_t$  n veces (hasta que llegue el ACK) !

\* R<sub>2</sub>-R<sub>3</sub> (Encapsula IP sobre AAL5 y éste sobre ATM)

Mantienen 200B de datos.

Cada Celula ATM u de 53B



¿Cuántas células necesitamos?

Arribó IP usando 228B

$$\lceil \frac{228+8}{48} \rceil = \lceil 4.9 \rceil = 5 \text{ células}$$

[Cada ↑ tiene una célula]

$$T_{t(n-1)} = \frac{(53 \cdot 5) \cdot 8}{1 \cdot 10^9} = 21,2 \mu\text{s}$$

\* R<sub>3</sub>-B

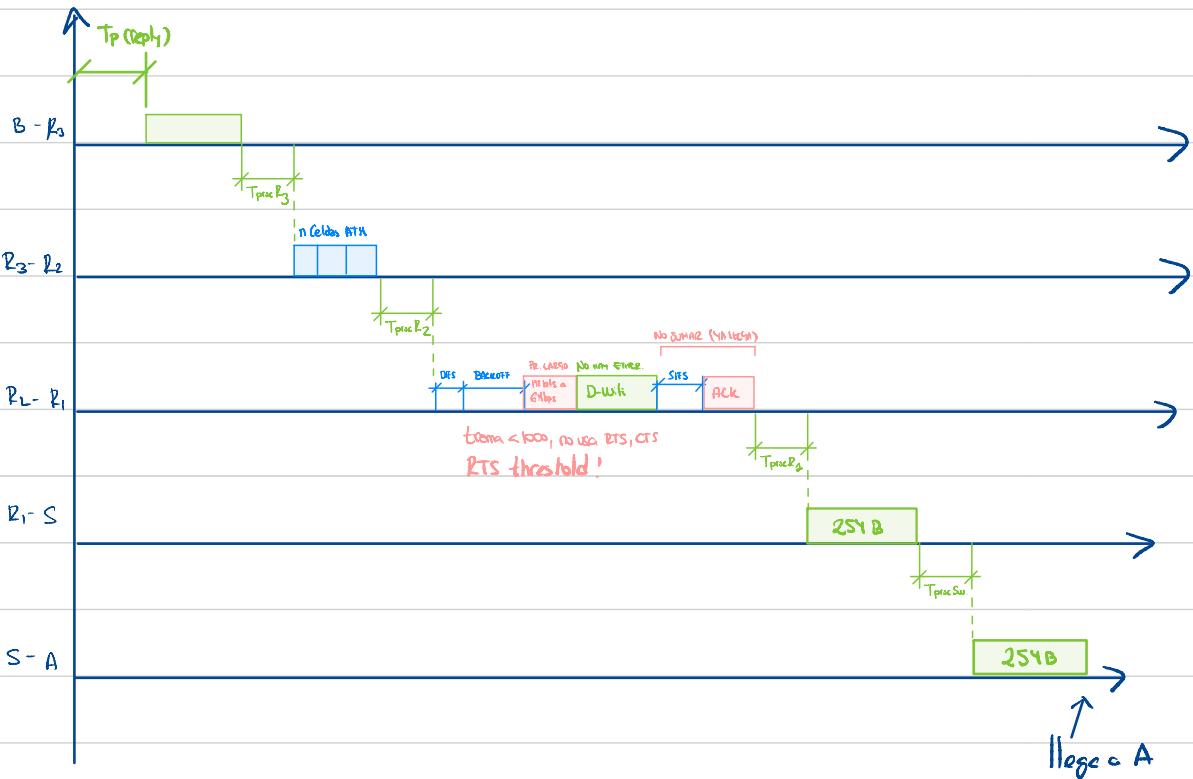
Conexión Gigabit Ethernet. Tiempo mínimo 700 B

Como 254 B (Eth) < 700 B  $\Rightarrow D = 700 B$

$$T_E(R_3-B) = \frac{700 \cdot 8}{1000 \cdot 10^9} = 5,6 \mu s$$

$$T_{E\text{TOTAL}} | DA = \sum T_E$$

Para el ICNP Reply es el mismo paso del news



$$T_t = 2 * (T_{idle})$$

⊕ ¿Qué enlace es más restrictivo?  
Se trata de una conversación, comunicación en los 2 sentidos!



$$\begin{aligned} \textcircled{1} & \rightarrow 60 + 12 + 8 + 20 + 26 = 126 \text{ B} \\ \textcircled{2} & \rightarrow 200 + 12 + 8 + 40 + 26 = 296 \text{ B} \end{aligned}$$

DTP      UPP      IPv4      RSN  
                ↓  
                IPv6

- Ya full dúplex (cada parte de B no comparte el mismo vector)

Sacar nº de conversaciones

$$T_{oc_1} = \frac{(126 + 12) \cdot 8}{1 \cdot 10^9} = 11,04 \mu\text{s} \quad T_{oc_2} = \frac{(296 + 12) \cdot 8}{1 \cdot 10^9} = 23,74 \mu\text{s}$$

$$\% \alpha_1 = \frac{11,04}{7 \cdot 10^3} \cdot 100 = 0,1577 \% \quad \% \alpha_2 = \frac{23,74}{25 \cdot 10^3} \cdot 100 = 0,09536 \%.$$

$$n_{sensores} = \left\lfloor \frac{100}{0,1577 + 0,09536} \right\rfloor = \boxed{395 \text{ sensores}}$$

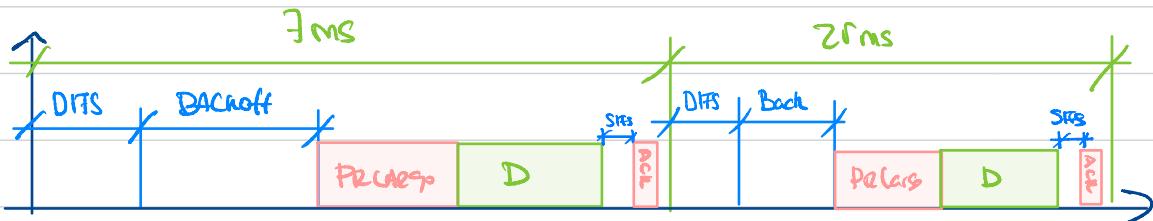
Entendiendo el nuevo paquete



- Si fuese half duplex

$$\left\lfloor \frac{n \text{ conv}}{2} \right\rfloor$$

$$* R_1 - R_2$$



$$D_1 = 60 + 12 + 8 + 20 + 34 = 134 \text{ B}$$

$$D_2 = 200 + 12 + 8 + 20 + 34 = 274 \text{ B}$$

Diagram illustrating the calculation of Total Access Collision Time (TAC) for station 1:

Annotations above the timeline: DIFS, Backoff, Prueba, SIFS, DIFS, Backoff, SIFS, DIFS, Backoff, SIFS.

Calculation:

$$T_{AC1} = 2,5 \cdot 10^{-5} + 1,2 \cdot 10^{-4} + \frac{192 \text{ bit}}{6 \cdot 10^6 \text{ bps}} + \frac{134 \cdot 8}{3 \cdot 10^9 \text{ bps}} + 5 \cdot 10^{-6} + \frac{14 \cdot 8}{3 \cdot 10^8} = 217,94 \mu\text{s}$$

$\downarrow + \frac{192}{6 \cdot 10^6}$

Calculation for station 2:

$$T_{AC2} = 2,5 \cdot 10^{-5} + 1,2 \cdot 10^{-4} + \frac{192 \text{ bit}}{6 \cdot 10^6 \text{ bps}} + \frac{274 \cdot 8}{3 \cdot 10^9 \text{ bps}} + 5 \cdot 10^{-6} + \frac{14 \cdot 8}{3 \cdot 10^8} = 221,69 \mu\text{s}$$

$\downarrow + \frac{192}{6 \cdot 10^6}$

$$\frac{211,94}{7 \cdot 10^3} \cdot 100 = 3,113\%$$

$$\frac{221,67}{25 \cdot 10^3} \cdot 100 = 0,8867\%$$

$$\left\lfloor \frac{100}{3,113 + 0,8867} \right\rfloor = 25 \text{ sensores}$$

"Site dice 1 de cada 2 ACK se pierda  $\Rightarrow$

$$T_{\text{loop}} = 2 \cdot \text{no} \quad 1 + \frac{1}{2} = 1,5 \text{ * Tloop} \quad 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \text{ 1 de cada 3}$$

\*  $R_2 - R_1$  ATM (full duplex)

$$D_1(\text{IP}) = 60 + 12 + 8 + 20 = 100 \text{ B}$$

$$D_2(\text{IP}) = 200 + 12 + 8 + 20 = 240 \text{ B}$$

$$n_{\text{celulas}_1} = \lceil \frac{100 + 8}{48} \rceil = 3$$

$$n_{\text{celulas}_2} = \lceil \frac{240 + 8}{48} \rceil = 6$$

$$T_{\alpha_1} = \frac{(3 \cdot 53) \cdot 8}{1 \cdot 10^9} = 12,72 \mu\text{s} \quad \%_{\alpha_1} = \frac{12,72}{7 \cdot 10^3} \cdot 100 = 0,181\%$$

$$T_{\alpha_2} = \frac{(6 \cdot 53) \cdot 8}{2 \cdot 10^9} = 25,44 \mu\text{s} \quad \%_{\alpha_2} = \frac{25,44}{25 \cdot 10^3} \cdot 100 = 0,102\%$$

$$n_{\text{sensores}} = \left\lfloor \frac{100}{0,181\% + 0,102\%} \right\rfloor = 352,48 \text{ sensores}$$

En vista de con el Tiempo de respiración, se puede hacer también con el AB

$$AB_1 = \frac{3 \cdot 53 \cdot 7 \text{ bit}}{7 \cdot 10^{-3}} = 181,714 \text{ kbps}$$

$$AB_2 = \frac{6 \cdot 53 \cdot 7}{25 \cdot 10^{-3}} = 101,760 \text{ kbps}$$

$$\text{nº sensores} = \left\lfloor \frac{100 \cdot 10^3 \text{ ses}}{181,71 + 101,760} \right\rfloor = 352,48 \text{ sensores}$$

\* R<sub>3</sub>-B Half duplex

el minimo

$$T_{BCW_1} = \frac{700 \cdot 8}{1 \cdot 10^7} = 5,6 \text{ ns}$$

$$\eta_{BCW_1} = \frac{5,6}{7 \cdot 10^3} \cdot 100 = 0,07\%$$

$$T_{BCW_2} = 5,6 \text{ ns}$$

$$\eta_{BCW_2} = \frac{5,6}{28 \cdot 10^3} \cdot 100 = 0,10224\%$$

$$N_{SEL} = \left\lfloor \frac{100}{0,07 + 0,10224} \right\rfloor = 976 \text{ sensores}$$

Como es half duplex  $\rightarrow \frac{976}{2} = 488 \text{ sensores}$

El + restrictivo es WiFi!

Con lo que puedes tener hasta 25 (WiFi) sensores  
comunicando a la vez

Ahora se podría continuar el ejercicio con Erlangs

Si nos piden el efectivo (xtra calcular eficiencia)

$$T = \frac{L_{DATA} \cdot 8}{R_b}$$

$\frac{1}{T_{BCW}}$

$$\text{Eficiencia} = \frac{T_{total}}{T_{total}} \times 100 \%$$

$$\text{Tasa} = \text{Eficiencia} \times R_b \text{ Mbps}$$