

CONSEGUIDO CON TODO UN CAMINO

EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES PRIMERA CONVOCATORIA (2019/2020)

Se quiere desplegar un sistema de tele-vigilancia mediante sensores multimedia (cámara y micrófono) que transmiten audio y video simultáneamente. Las comunicaciones a nivel IP utilizan IPv6 y teniendo en cuenta que se hará uso de las cabeceras de opciones Hop-by-hop options (8 octetos) y mobility (18 octetos).

La cámara de video genera muestras de 4700 octetos cada 50 ms y de 300 cada 15 ms. Para la transmisión de video se encapsula cada muestra en IPv6 añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y los necesarios para la cabecera IP. Por otro lado, el códec de audio genera una muestra de 16 bits cada $250\mu s$ que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv6 con 12 octetos de RTP, 8 de UDP y los necesarios para la cabecera IP, correspondiente a 20 ms de audio pero va a haber solapamiento de 5 ms en datagramas consecutivos por lo que transmitimos cada 15 ms.

Para transmitir la información, los sensores utilizan WIFI 802.11n (con los siguientes datos: preámbulo corto, $DIFS=35\mu s$, $SIFS=8\mu s$, slot de contención= $12\mu s$, intervalo para backoff [4:29] (nota: estos datos son inventados para el problema y no coinciden con la norma) y por las características del área de despliegue del sistema son necesarios varios puntos de acceso WIFI (AP) que están conectado a un único switch Giga-Ethernet de 96 puertos con un MTU de 1500 y un tamaño mínimo de trama de 700 octetos, que a su vez tiene conectado un router a través de un trunk de 4 enlaces de Fast Ethernet. El router utiliza AAL5 transparente sobre ATM sobre F.O. de 500Mbps para salir a Internet y transmitir la información de los sensores a un servidor externo y sabemos que en el camino hay un MTU suficiente para que no sea necesaria una nueva fragmentación.

Para diseñar el sistema se nos propone realizar los siguientes pasos:

- 1.-Realizar un dibujo esquemático del sistema (1 ptos)**
- 2.-Calcular el tamaño de los fragmentos para cada datagrama. (1 ptos)**
- 3.-Suponiendo que siempre podemos obtener en WIFI una tasa de $R=72,2$ Mbps para la transmisión. Obtener la expresión para cada AP de cuántos sensores, como máximo, podrían estar transmitiendo simultáneamente sin que se degrade la transmisión. (3 ptos)**
- 4.-Obtener la expresión de cuantos AP, como máximo, podremos tener conectados al switch sin que se degrade la transmisión. (3 ptos)**

Suponemos que el número de sensores para cada AP es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de erlang. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador por cada AP que cuenta el número de sensores que está transmitiendo en cada momento. De esta forma si un sensor quiere transmitir y ve que ya lo están haciendo el número máximo posible admitido por el AP, no transmite y se pierde la transmisión. Además, se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que cada sensor demanda 36 segundos de tráfico por hora.

- 5.- ¿Cuál es el número máximo de sensores por AP para que la probabilidad o de pérdidas o de demora sea inferior al 2,3%? (2 ptos).**

- VIDEO :

iPv6

Hop-by-hop (8B)

RTP (12B)

ipvb (40B)

Mobility (18B)

UDP (8B)

4700 each 50 ms

300 each 15ms

- Audio

16 bits each 250 μ s Aggregates each 20 ms

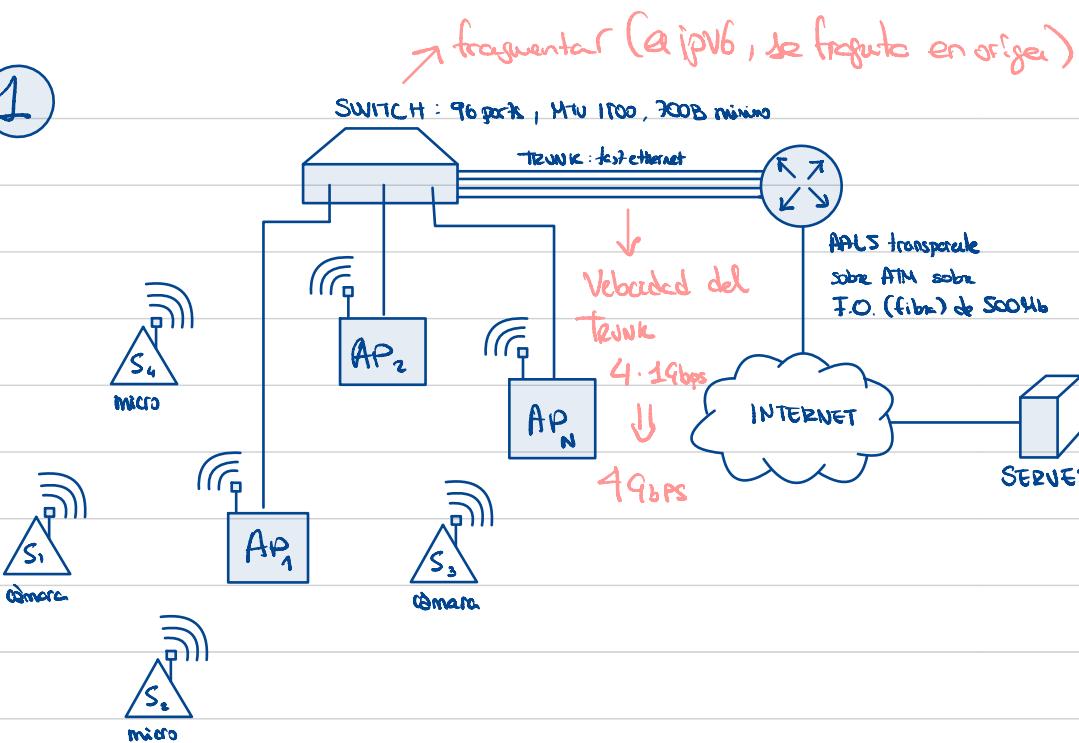
RTP (12B) ipvb (40B) UDP (8B)

Wifi: preamble costs

DIFS = 35ns slot = 12ns

SIFS = 8ns Backoff [4:29]

1



2

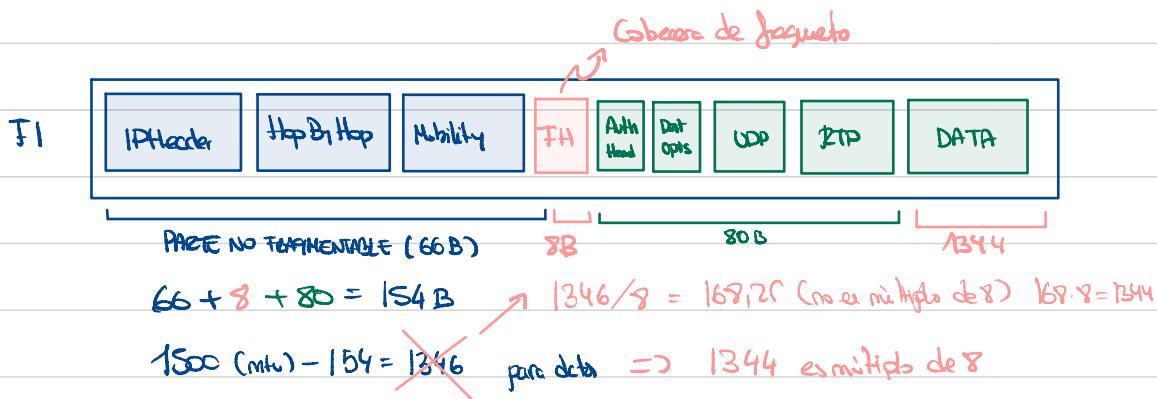
Tenemos los siguientes datos:

- 4700 B (IPv6) cada 50 ms
- 300 B (IPv6) cada 15 ms
- 16 bits cada 250 ns agrupados cada 15 ms

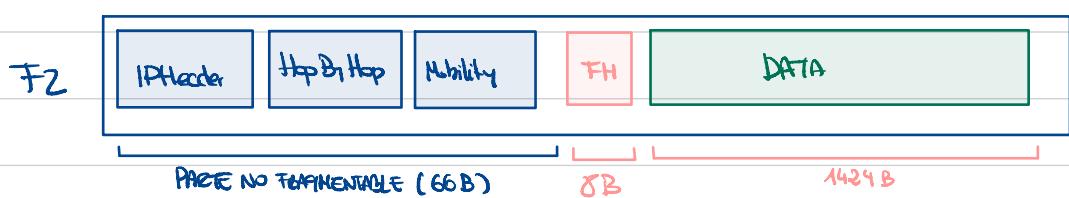
* FRAGMENTAR EL PAQUETE DE 4700 B



Los extension headers se ponen en cada fragmento! (32 bits)



$$4700 \text{ B} - 1344 \text{ B} = 3356 \text{ B} \text{ Queden}$$



$$66 + 8 = 74 \text{ B}$$

$$1426 / 8 = 178,25$$

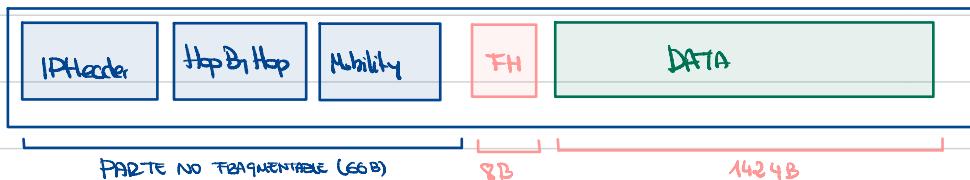
$$178 \cdot 8 = 1424 \text{ B}$$

$$1500 - 74 = 1426 \text{ B}$$

$\Rightarrow 1424 \text{ B} \text{ sigue es}$

$$3356 - 1424 = 1932 \text{ Quedan}$$

F3



$$1932 - 1424 = 508 \text{ B Quedan}$$

F4



Se mandan 4 fragmentos para el paquete de 4700B, uno de 1498B (ip), dos de 1498B (ip) y un último de 572B

* VÍDEO : PAQUETE DE 300B

$$300 + 40 (\text{IP}) + 8 + 18 + 12 (\text{RTP}) + 8 (\text{UDP}) = 386 \text{ B}$$

386 < 1500, no fragmenta

* ÁUDIO : 16 bits cada 250 ns e cada 15 ms

$$1 \text{ pacote} = 250 \cdot 10^{-3} \text{ ms}$$

$$n \text{ pacotes} = 20 \text{ ms}$$

$$n = \frac{20}{250 \cdot 10^{-3}} = 80 \text{ pacotes de 16 bits}$$

$$16 \text{ bit} / 8 = 2 \text{ B por paquete}$$

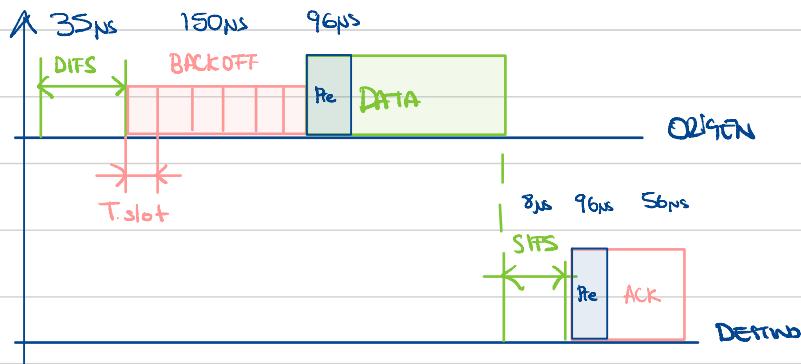
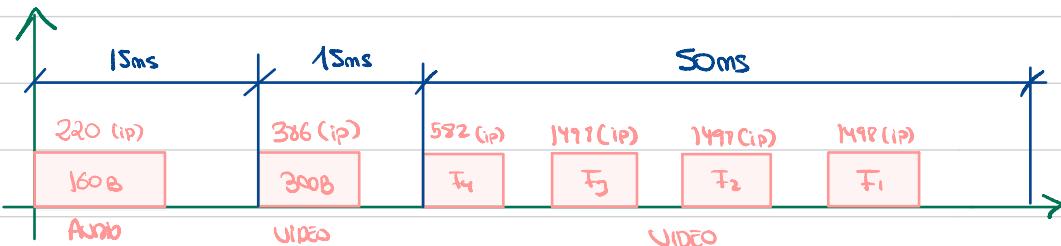
$$80 \cdot 2 = 160 \text{ B agrupados}$$

$$160 + 12 (\text{RTP}) + 8 (\text{UDP}) + 40 (\text{IP}) = 220 \text{ B}$$

Como 220 < 1500 no fragmenta e manda 1

3. Tasa de 72,2 Mbps

Conexión Wifi y preámbulo corto



$$DIFS = 35 \text{ ns}$$

$$\text{Backoff medio} = \frac{2^{9-4}}{2} \times 12 = 150 \text{ ns}$$

$$SIFS = 8 \text{ ns}$$

Preamble corto por defecto

$$1 \text{ Mbps} \rightarrow 72 \text{ bits}$$

$$2 \text{ Mbps} \rightarrow 18 \text{ bits}$$

$$\frac{72}{1 \cdot 10^6 \text{ bps}} + \frac{48}{2 \cdot 10^6 \text{ bps}} = 96 \text{ ns}$$

$$T_{ACK} = \frac{14.8}{\min(2 \cdot 10^6, 2b)} = 56 \text{ ns}$$

$$MAC \text{ WiFi} = 36 \text{ B}$$

VIDEO #1

$$T_{T_{MAC_{T_1,3}}} = \frac{(1499 + 36) \cdot 8}{72,2 \cdot 10^6 \text{ bps}} = 169,97 \text{ ns}$$

MAC WIFI

$$T_{T_{MAC_{T_4}}} = \frac{(572 + 36) \cdot 8}{72,2 \cdot 10^6} = 67,37 \text{ ns}$$

$$\begin{aligned} T_{T_{F1}} &= DIFS + \text{Backoff} + \text{Preamble} + T_{T_{F1}} + SIFS + T_{T_{ACK}} = \\ &= 35 + 150 + 96 + 169,97 + 8 + 96 + 56 = 610,97 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$T_{T_{F2}} = T_{T_{F1}}$$

$$T_{T_{F3}} = T_{T_{F1}}$$

$$T_{T_{F4}} = 35 + 150 + 96 + 67,37 + 8 + 96 + 56 = 508,37 \text{ ns}$$

$$T_{T_{\text{total}}} = \sum T_T = 2,13413 \text{ ms}$$

$$\% \text{ C吞吐量} = \frac{2,13413}{50} \times 100 = 4,68\%$$

VIDEO #2

$$T_{\text{THAC}} = \frac{(386 + 36) \cdot 8}{72,2 \cdot 10^6 \text{ bps}} = 46,76 \text{ ns}$$

$$\begin{aligned} T_f &= \text{DIFS} + \text{Backoff} + P_{\text{cont}} + T_{\text{THAC}} + S_{\text{IFS}} + T_{\text{proto}} + T_{\text{ACK}} = \\ &= 35 + 150 + 96 + 46,76 + 8 + 96 + 56 = 487,76 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\% \text{ Ocup. V}_2 = \frac{487,76 \cdot 10^{-3}}{15} \times 100 = \boxed{3,25\%}$$

AUDIO

$$T_{\text{THAC}} = \frac{(220 + 36) \times 8}{72,2 \cdot 10^6 \text{ bps}} = 28,36 \text{ ns}$$

$$\begin{aligned} T_f &= \text{DIFS} + \text{Backoff} + P_{\text{cont}} + T_{\text{THAC}} + S_{\text{IFS}} + T_{\text{proto}} + T_{\text{ACK}} = \\ &= 35 + 150 + 96 + 28,36 + 8 + 96 + 56 = 469,36 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\% \text{ Ocup. Au} = \frac{469,36 \cdot 10^{-3}}{15} \times 100 = \boxed{3,129\%}$$

$$n_{\text{sensors}} = \left\lfloor \frac{100}{4,68 + 3,25 + 3,129} \right\rfloor = \boxed{9 \text{ sensores}}$$

4 Cuántos AP podemos tener conectados como máximo

el switch que se deposite la conexión

Hay que ver que elige de todos es + restrictivo, empate con AP-Switch que es Gigabitethernet

- Gigabitethernet ($1 \cdot 10^9$ bps) 26 cabeceras eth.

VIDEO #1

$$T_{\text{transmisión}} = \frac{(1491+26) \cdot 8 + 64}{1 \cdot 10^9} = 12,256 \text{ ns}$$

$$T_{\text{transmisión}} = \frac{(582+26) \cdot 8 + 64}{1 \cdot 10^9} = 4,928 \text{ µs}$$

VIDEO #2

Audio

$$T_T = \frac{(386+26) \cdot 8 + 64}{1 \cdot 10^9} = 3,36 \text{ ns}$$

$$T_T = \frac{(170+26) \cdot 8 + 64}{1 \cdot 10^9} = 1,71 \text{ µs}$$

$$\% \text{ ocupación}_1 = \frac{3 \times (12,256) + 4,928}{50 \cdot 10^3 \text{ ns}} \times 100 = 0,083\%$$

$$\% \text{ ocupación}_2 = \frac{3,36}{15 \cdot 10^3 \text{ ns}} \times 100 = 0,0224\%$$

$$\% \text{ ocupación Audio} = \frac{1,71}{15 \cdot 10^3} \times 100 = 0,0114\%$$

$$\sum = 0,1168 \times 11 \text{ sensores} = 1,2848$$

$$n: \text{APIS} = \left\lfloor \frac{100}{1,2848} \right\rfloor = 77 \text{ punto de acceso}$$

- En el trunk Spja

VIDEO #1

✓ gap

$$T_{Trf_1} = \frac{(1498+26) \cdot 8 + 64}{4 \cdot 10^9} = 3,064 \text{ ns}$$

$$T_{Trf_4} = \frac{(582+26) \cdot 8 + 64}{4 \cdot 10^9} = 1,232 \text{ ns}$$

VIDEO #2

Audio

$$T_T = \frac{(386+26) \cdot 8 + 64}{4 \cdot 10^9} = 0,94 \text{ ns}$$

$$T_T = \frac{(180+26) \cdot 8 + 64}{4 \cdot 10^9} = 0,4275 \text{ ns}$$

$$\% \text{ crop } V_1 = \frac{3 \times (3,064) + 1,232}{50 \cdot 10^3 \text{ ns}} \times 100 = 0,02084\%$$

$$\% \text{ crop } V_2 = \frac{0,94}{15 \cdot 10^3 \text{ ns}} \times 100 = 5,6 \cdot 10^{-3} \%$$

$$\% \text{ crop Audio} = \frac{0,4275}{15 \cdot 10^3} \times 100 = 2,75 \cdot 10^{-3} \%$$

$$\sum = 0,029 \times 11 \text{ sesiones} = 0,322$$

$$n: \text{APIS} = \left\lceil \frac{100}{0,322} \right\rceil = 310 \text{ puertos de acceso}$$

- En el enlace ATM ADSL



Cada celda ATM es de 53B



- VÍDEO #1

Fragmentación de 1498B \rightarrow n: celdas ATM

$$\left\lceil \frac{1498 + 8}{48} \right\rceil = \left\lceil \frac{1506}{48} \right\rceil = 32 \text{ celdas}$$

\uparrow Coda \uparrow Tamaño 1 celda (sin cab)

Fragmentación de 582B (Tamaño mínimo es 512)

$$\left\lceil \frac{582 + 8}{48} \right\rceil = 13 \text{ celdas}$$

Via a 500 Mbps

VIDEO #1

$$T_f + t_1 + t_3 = \frac{32 \cdot 53 \cdot 8}{500 \cdot 10^6 \text{ bps}} = 27,136 \text{ ns} \times 3 = 81,408 \text{ ns}$$

$$T_{ff4} = \frac{13 \cdot 53 \cdot 8}{500 \cdot 10^6 \text{ bps}} = 11,024 \text{ ns}$$

$$T_f = 81,408 + 11,024 = 92,432 \text{ ns}$$

$$\% \text{ Occup} = \frac{92,432 \cdot 10^{-3}}{50 \text{ ms}} \times 100 = 0,1847\%$$

VIDEO #2

$$2896 \text{ B} \quad \lceil 2896 / 8 / 48 \rceil = 9 \text{ celulas}$$

$$T_f = \frac{9 \cdot 53 \cdot 8}{500 \cdot 10^6 \text{ bps}} = 7,632 \text{ ns}$$

$$\% \text{ Occup} = \frac{7,632 \cdot 10^{-3}}{15 \text{ ms}} \times 100 = 0,05087\%$$

AUDIO

$$220 \text{ B} \quad \left[220 + 8 / 48 \right] = 220,167 \text{ B}$$

$$T_f = \frac{5 \cdot 53 \cdot 8}{500 \cdot 10^6 \text{ bps}} = 4,24 \text{ ns}$$

$$\% \text{ Drop} = \frac{4,24 \cdot 10^{-3}}{15 \text{ ms}} \times 100 = 0,02826$$

$$n \cdot \text{APIS} = \left[\frac{100}{(0,1848 + 0,05088 + 0,02826) \cdot 11 \text{ segundos}} \right] = \\ = \boxed{34 \text{ APIS}}$$

Es el que más limita por lo que tendrán como
máximo 34 APIS

⑤ Número máximo de sensores por AP para que la probabilidad de pérdidas sea < 2,3%.

$$36 \text{ segundos / hora} \Rightarrow \frac{36}{3600} = 0,01 \text{ Erlang}$$

Tenemos un máximo de 9 sensores transmitiendo simultáneamente
buscamos en la tabla algo ≤ a 0,02300

Se pierde la transmisión \Rightarrow Erlang B

2,9

9
002202
↓ 2,2% de pérdida

$$\frac{2,9}{0,01} = \boxed{290 \text{ sensores}}$$