



Universidad de Granada

Fundamentos de Redes

3º del Grado en Ingeniería
Informática



Dept. Teoría de la Señal,
Telemática y Comunicaciones

Boletín de Ejercicios nº2

1. ¿Qué es una aplicación cliente-servidor? ¿y una aplicación *peer-to-peer*?

Una aplicación cliente-servidor es aquella donde las dos entidades que participan tienen un rol claro y constante, la primera (la entidad cliente) como usuaria del servicio y la segunda (la entidad servidora) como ofertante del mismo. La entidad cliente inicia la conexión para obtener el servicio, para lo que la servidora necesitará estar activa esperando solicitudes. Por este motivo, las entidades cliente y servidora ejecutan códigos distintos para un mismo servicio. El ejemplo típico es una aplicación web, donde la entidad cliente es un navegador web, como Internet Explorer o Mozilla Zunderbird, y la entidad servidora es un servidor web, como Apache.

Una aplicación *peer-to-peer* es aquella donde el rol de las entidades puede cambiar. Es decir, una entidad par debe ser capaz de iniciar una conexión para obtener un cierto servicio o de aceptar una conexión para ofrecerlo. En este caso, todas las entidades ejecutan el mismo código, que debe incluir ambas posibilidades. Un ejemplo es la compartición de ficheros, donde una entidad par se conecta a otra para descargarse alguno de los ficheros en posesión de la segunda.

2. **Idee un protocolo (sintaxis, semántica, tipos de mensajes y reglas) para un juego de comeocos en red donde un único cliente juega en un servidor que mantiene el estado del juego.**

3. **Discuta las características de las siguientes aplicaciones en términos de su tolerancia a la pérdida de datos, los requisitos temporales, la necesidad de rendimiento mínimo y la seguridad.**

- a. La telefonía móvil
- b. WhatsApp
- c. YouTube
- d. Spotify
- e. Comercio electrónico

Nótese que el diseño de una aplicación siempre debe tener en cuenta todas las características anteriores. No obstante, varias de estas características son difíciles de conseguir de forma simultánea, cuando no son antagónicas. Por este motivo, el diseño de una aplicación debe considerar qué características primar en detrimento de otras.

Se propone la siguiente tabla de asignación de prioridades, utilizando la siguiente notación:



Universidad de Granada

Fundamentos de Redes

3º del Grado en Ingeniería Informática



Dept. Teoría de la Señal,
Telemática y Comunicaciones

Requisito fundamental: ↑

Requisito relevante: ↔

Requisito secundario: ↓

	Tolerancia a pérdidas	Requisitos Temporales (Delay)	Rendimiento (Throughput)	Seguridad
Telefonía móvil	↓	↑	↑	↔
WhatsApp	↑	↓	↓	↔
YouTube	↓	↔	↑	↓
Spotify	↓	↔	↑	↓
Comercio Electrónico	↑	↔	↔	↑

4. ¿Es posible que un host tenga varias direcciones IP y un único nombre de dominio? Discuta un caso.

Sí. Por ejemplo un host que tenga varias interfaces de red.

¿Es posible que un host tenga varios nombres de dominio y una única dirección IP? Discuta un caso.

Sí, típicamente un host tiene un nombre canónico y varios *alias*.

¿Es posible que varios host tengan el mismo nombre de dominio, aunque direcciones IP distintas? Discuta un caso.

Si, esto puede hacerse para que el servidor DNS realice balanceo de tráfico, rotando su respuesta ante solicitudes de un determinado nombre de dominio (ej. www.google.com es, en realidad, un grupo de hosts con diferentes direcciones IP)

5. ¿Qué carga más un servidor DNS, accesos iterativos o recursivos?

Desde el punto de vista de un servidor DNS que debe solicitar la traducción de un nombre a otro servidor, al primero le cargan más accesos iterativos que recursivos, pues en el primer caso es él mismo el que se encarga de ir contactando con los respectivos servidores DNS hasta resolver completamente la petición del cliente. Si bien es cierto que un servidor que resuelve iterativamente está liberando de carga a los servidores DNS con los que contacta.

¿Cuál de estos dos accesos carga más la red?

Los dos por igual, ya que el número de solicitudes y respuestas necesario para resolver una determinada solicitud de DNS es la misma.



Universidad de Granada

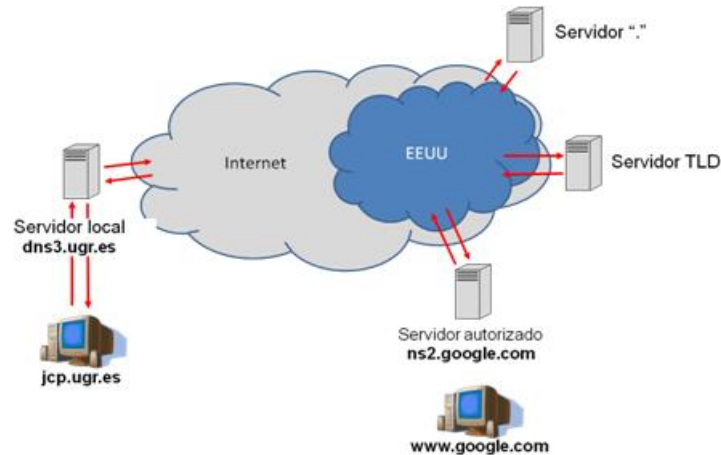
Fundamentos de Redes

3º del Grado en Ingeniería Informática



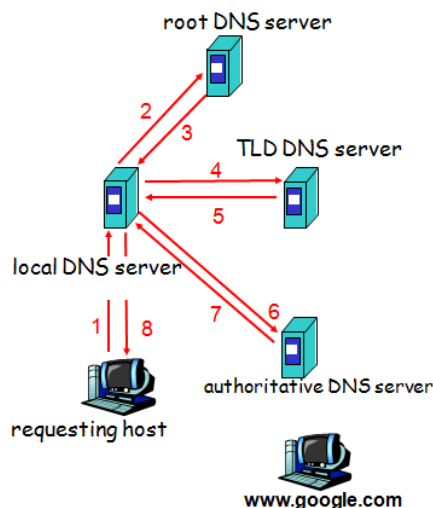
Dept. Teoría de la Señal,
Telemática y Comunicaciones

6. En la siguiente figura se ilustra un ejemplo de acceso DNS por parte de una máquina (jcp.ugr.es) que quiere acceder a los servicios de www.google.com. Para obtener la dirección IP del servidor, es necesario que la consulta pase por todos los servidores del gráfico. Considerando unos retardos promedio de 8 μ s dentro de una red LAN, de 12 ms en cada acceso a través de Internet (4 ms si la conexión se restringe a EEUU) y de 1 ms de procesamiento en cada servidor:



- a. Calcule el tiempo que se tardaría si la solicitud al servidor local es recursiva, pero el propio servidor local realiza solicitudes iterativas.

En definitiva, el esquema que se propone analizar es el siguiente:



El tiempo total invertido en la resolución es:

$$r_{\text{resolución}} = ret_{\text{LAN}} + ret_{\text{Internet}};$$

Donde:



Universidad de Granada

Fundamentos de Redes

3º del Grado en Ingeniería Informática



Dept. Teoría de la Señal,
Telemática y Comunicaciones

$$\begin{aligned} ret_{LAN} &= 2 \cdot r_{LAN} + r_{servidor} ; \\ ret_{Internet} &= 6 \cdot r_{España-EEUU} + 3 \cdot r_{servidor} ; \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta los datos del ejercicio:

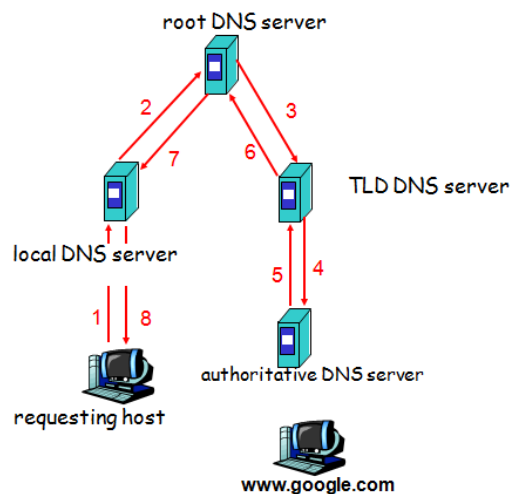
$$\begin{aligned} r_{LAN} &= 8 \mu s; \\ r_{España-EEUU} &= 12 \cdot 10^3 \mu s; \quad r_{EEUU-EEUU} = 4 \cdot 10^3 \mu s; \quad r_{servidor} = 1 \cdot 10^3 \mu s \end{aligned}$$

Tenemos que:

$$r_{resolución} = 76,016 \text{ ms}$$

- b. Especifique una política (recursiva-iterativa) más rápida de solicitudes y el tiempo que tardaría la solicitud en ser respondida. ¿Qué desventaja tiene sobre la solución anterior?

Una política más rápida en el supuesto que nos ocupa es esta:



En este caso tenemos que:

$$ret_{Internet} = 2 \cdot r_{España-EEUU} + 4 \cdot r_{EEUU-EEUU} + 3 \cdot r_{servidor}$$

Con lo cual:

$$r_{resolución} = 44,016 \text{ ms}$$

El principal problema de esta estrategia es la sobrecarga del servidor raíz, aunque en todo caso se ha intentado minimizar haciendo a su vez una solicitud recursiva al servidor TLD.



Universidad de Granada

Fundamentos de Redes

3º del Grado en Ingeniería
Informática



Dept. Teoría de la Señal,
Telemática y Comunicaciones

7. Cada hebra de un servidor Web concurrente tarda $500 \mu s$ en revisar la caché interna para devolver un objeto. No obstante, si el objeto no está en la caché, se requieren 9 ms para acceder al disco duro, tiempo durante el cual la hebra está esperando a que su petición sea encolada y procesada por el disco duro. ¿Qué porcentaje de éxito debe tener la caché para que el servidor mantenga la CPU ocupada en todo momento?

Siendo t_{cache} , el tiempo de acceso a la cache, t_{DD} el tiempo de acceso al disco duro, n_{hebras} el número de hebras en ejecución y $h_{\acute{e}xito}$ el porcentaje de éxito de la cache referido a la unidad, para que durante los accesos a disco duro haya suficientes hebras accediendo a caché y, por tanto, manteniendo la CPU ocupada, tenemos que:

$$t_{cache} \times h_{\acute{e}xito} \times n_{hebras} \geq t_{DD} \times (1 - h_{\acute{e}xito}) \times n_{hebras}$$

De aquí obtenemos que:

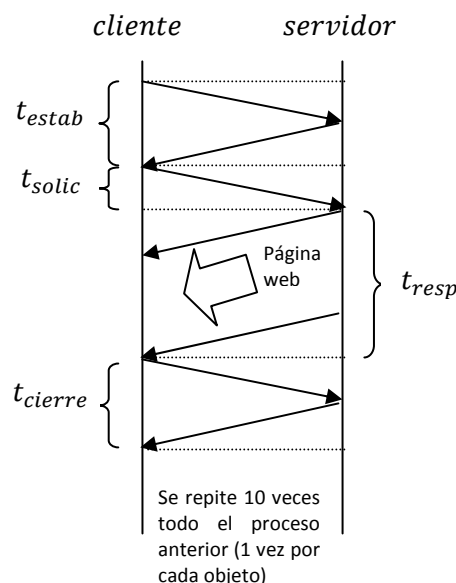
$$h_{\acute{e}xito} \geq t_{DD} / (t_{cache} + t_{DD})$$

$$h_{\acute{e}xito} \geq 0,947$$

El porcentaje de éxito ha de ser al menos de un 94,7% para mantener a la CPU ocupada con acceso a la cache.

8. Compare el rendimiento en términos temporales de HTTP persistente y no persistente considerando los siguientes parámetros:
- Descarga de una página web con 10 objetos incrustados
 - Tiempo de Establecimiento de conexión TCP $\rightarrow 5$ ms
 - Tiempo de Cierre de conexión TCP $\rightarrow 5$ ms
 - Tiempo de solicitud HTTP $\rightarrow 2$ ms
 - Tiempo de respuesta HTTP (página web u objeto) $\rightarrow 10$ ms

Para HTTP no persistente tenemos que el proceso de descarga sería el siguiente:





Universidad de Granada

Fundamentos de Redes

3º del Grado en Ingeniería
Informática

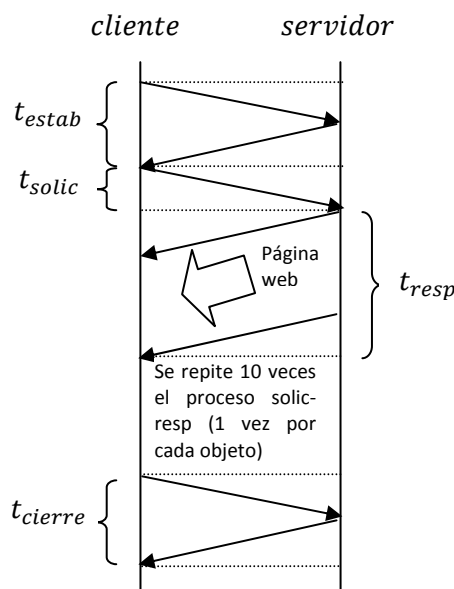


Dept. Teoría de la Señal,
Telemática y Comunicaciones

El tiempo de descarga para el modo HTTP no persistente es por lo tanto:

$$r_{descarga}^{np} = 11 \times (t_{estab} + t_{solic} + t_{resp} + t_{cierre}) = 242ms$$

Para HTTP persistente tenemos que el proceso de descarga sería el siguiente:



El tiempo de descarga para el modo HTTP persistente es por lo tanto:

$$r_{descarga}^p = t_{estab} + 11 \times (t_{solic} + t_{resp}) + t_{cierre} = 142ms$$

9. Una sucursal con 50 empleados en Granada tiene una red interna basada en *FastEthernet* (100Mbps) que se conecta a Internet con una red de acceso ADSL de 0,5 Mbps de subida y 1,5 Mbps de bajada. Cada empleado, en el desempeño de su trabajo, realiza un promedio de 2000 solicitudes de información a la hora a un servidor de Base de Datos ubicado en la central del banco, en Madrid, donde cada solicitud supone el envío por parte del servidor de un promedio de 10 registros de 1KB cada uno. Adicionalmente, la modificación de datos tras algunas de estas solicitudes supone el envío promedio de 100 actualizaciones, de 10 registros de media, a la hora desde la sucursal al servidor. El resto de los servicios telemáticos se restringe.

- a. Calcule el promedio de la velocidad de transmisión requerida. ¿Es la velocidad del enlace de acceso suficiente?



Universidad de Granada

Fundamentos de Redes

3º del Grado en Ingeniería Informática



Dept. Teoría de la Señal,
Telemática y Comunicaciones

Despreciando los paquetes de solicitud y confirmación, que contarán simplemente con cabeceras, podemos ver la velocidad requerida en promedio:

$$v_{download} = 10 \frac{KB}{sol} \times (8 \times 1024) \frac{b}{KB} \times 2000 \frac{sol}{emp \times hora} \times 50 emp \times \frac{1}{3600} \frac{hora}{s}$$

$$v_{download} = 2,28 \cdot 10^6 bps = 2,28 Mbps$$

$$v_{upload} = 10 \frac{KB}{act} \times (8 \times 1024) \frac{b}{KB} \times 100 \frac{act}{emp \times hora} \times 50 emp \times \frac{1}{3600} \frac{hora}{s}$$

$$v_{upload} = 0,11 Mbps$$

La velocidad del enlace es insuficiente, ya que el download requerido en promedio es menor que el de la red.

- b. **¿y si se dobla la velocidad del enlace? ¿cuál sería el tiempo de cola que esperaría en promedio cada solicitud en el enlace descendente antes de ser enviada? Considere que cada registro se envía por separado, con una cabecera de tamaño despreciable.**

Doblando la capacidad del enlace sí sería suficiente, ya que tendríamos 3 Mbps de download. Sin embargo, si la velocidad de transmisión es cercana a la demanda se producirán retardos elevados. En este caso, aproximando el enlace por una modelo M/M/1 y usando teoría de colas, podemos estimar el retardo como:

$$R = \frac{\lambda \cdot (Ts)^2}{1 - \lambda \cdot Ts}$$

donde Ts es el tiempo de servicio, que en un enlace equivale al tiempo de transmisión (es decir, el tamaño de cada solicitud L dividido por la velocidad de transmisión Vt) y lambda es el ritmo promedio de envío, con:

$$L = 1 KB \times (8 \times 1024) \frac{b}{KB}$$

$$Vt = 3 Mbps$$

$$\lambda = 2000 \frac{sol}{emp \times hora} \times 50 emp \times \frac{1}{3600} \frac{hora}{s} \times 10 \frac{reg}{sol}$$

por tanto, el retardo será $R = 8,57 ms$



Universidad de Granada

Fundamentos de Redes

3º del Grado en Ingeniería
Informática



Dept. Teoría de la Señal,
Telemática y Comunicaciones

- c. Si, alternativamente, se diseña una caché que permite evitar un 70% de los accesos a la BD ¿cuál sería el tiempo de cola que esperaría en promedio cada solicitud en el enlace descendente? ¿qué solución es mejor, la b. o esta?

En este caso, el número de solicitudes a Internet se reduce a un 30%:

$$\lambda = 0.3 \times 2000 \frac{\text{sol}}{\text{emp} \times \text{hora}} \times 50 \text{ emp} \times \frac{1}{3600} \frac{\text{hora}}{\text{s}} \times 10 \frac{\text{reg}}{\text{sol}}$$

Considerando la velocidad del apartado a. para el enlace descendente (1,5Mbps), el retardo queda $R = 4.56 \text{ ms}$. No sólo esta solución es más rápida que doblar la velocidad de transmisión, sino que además es típicamente más barata.

10. Considere un servidor de vídeo bajo demanda (Video on Demand o VoD) que sirve un promedio de 100 películas en paralelo. Considerando que cada película requiere una velocidad promedio de 2Mbps,

- a. ¿cuál es la carga media en el enlace del servidor con Internet?

$$v_{\text{upload}} = 100 \text{ películas} \times 2 \text{ Mbps} = 200 \text{ Mbps}$$

La velocidad de transmisión requerida en el enlace debe ser suficientemente superior a la velocidad de subida calculada (200 Mbps) para dar una adecuada calidad de servicio

- b. Si el servidor es capaz de dar servicio a una velocidad de 1 Gbps, el enlace es de 300 Mbps, y las películas se envía en paquetes de tamaño 1KB en promedio ¿cuáles son los retardos asociados a las colas en el servidor y enlace ascendente para carga máxima?

Usando teoría de colas (modelo M/M/1¹), el retardo asociado es:

$$R = \frac{\lambda \cdot (Ts)^2}{1 - \lambda \cdot Ts}$$

donde Ts será el tiempo de transmisión (L/Vt) en el enlace y el tiempo de servicio (L/Vs) en el servidor:

$$L = 1 \text{ KB} \times (8 \times 1024) \frac{b}{\text{KB}}$$

$$Vs = 1 \text{ Gbps y } Vt = 300 \text{ Mbps}$$

$$\lambda = 2 \text{ Mbps} \times \frac{1 \text{ paquete}}{L \text{ b}} \times 100 \text{ películas}$$

¹ En este caso, se está asumiendo que tanto la tasa de llegada (tiempo entre paquetes) como la de servicio son variables. En caso contrario se podría usar un modelo alternativo.



Universidad de Granada

Fundamentos de Redes

3º del Grado en Ingeniería
Informática



Dept. Teoría de la Señal,
Telemática y Comunicaciones

de forma que los retardos asociados son:

$$R_s = 2.05 \text{ ms}$$

$$R_e = 54.6 \text{ ms}$$

como se puede observar, aunque la velocidad del servidor es sólo algo más de 3 veces superior a la del enlace, el retardo del enlace es más de 25 veces el del servidor.

- c. **¿y si se utilizan paquetes de 10 KB en promedio? ¿qué es mejor en términos de rendimiento y requisitos temporales?**

En ese caso, tanto el tamaño de los paquetes como λ tienen que ser recalculados, resultando en un aumento de los retardos asociados en el mismo factor en el que se aumenta al paquete:

$$R_s = 20.5 \text{ ms}$$

$$R_e = 546 \text{ ms}$$

Esto no introduce ninguna modificación a nivel de rendimiento (throughput), ya que aunque el retardo (delay) asociado a cada paquete sea 10 veces mayor, los paquetes contienen 10 veces más datos. Sin embargo, sí implica un mayor delay en la transmisión de algunos de los datos incluidos en el paquete (de diez veces en el peor caso). Por tanto, utilizar paquetes grandes es peor ya que VoD es sensible al delay. En todo caso, sería mucho peor en aplicaciones muy sensibles al delay, como la videoconferencia.

11. **Imagine que en el problema anterior, en lugar de utilizar un esquema cliente-servidor se organiza un sistema de video bajo demanda entre pares (*peer-to-peer* o P2P) que permita que cada par (*peer*) contribuya al flujo de vídeo en demanda de forma proporcional (10%) a su ancho de banda de subida. Considerando un total de 1000 pares con carga balanceada**

- a. **¿cuál sería la velocidad de transmisión mínima para satisfacer la demanda?**

Calculamos la tasa de bits que aporta cada par al servicio de video bajo demanda:

$$v_{peer} = 200 \text{ Mbps} \times 1/1000 = 200 \text{ Kbps}$$

Como cada peer aporta al servicio de video un 10% de su ancho de banda (velocidad) de subida, tenemos que la velocidad de transmisión de subida mínima de cada par debe ser:

$$v_{upload} = v_{peer} \times 100/10 = 2 \text{ Mbps}$$



Universidad de Granada

Fundamentos de Redes

3º del Grado en Ingeniería
Informática



Dept. Teoría de la Señal,
Telemática y Comunicaciones

- b. Asumiendo la velocidad de transmisión calculada y velocidad de servicio de 1 Mbps en cada par ¿cuál sería el retardo medio de cola en los pares y los enlaces?

Repitiendo los cálculos del apartado b en el ejercicio 10, tenemos:

$$L = 1KB \times (8 \times 1024) \frac{b}{KB}$$

$$Vs = 1 Mbps \text{ y } Vt = 2 Mbps$$

$$\lambda = 2 Mbps \times \frac{1 \text{ paquete}}{L b} \times 100 \frac{\text{películas}}{1000 \text{ pares}}$$

Nótese que podemos dividir las 100 películas entre los 1000 pares ya que se espera que un conjunto de pares pueda remitir distintos paquetes correspondientes a la misma película. Los retardos asociados son:

$$Rs = 2 ms$$

$$Re = 0.4 ms$$

Comparando este resultado con el del apartado b del ejercicio 10, podemos comprobar que utilizando muchos (1000) ordenadores 1000 veces menos potentes el retardo de servicio es incluso menor que si utilizamos un servidor muy potente. Adicionalmente, con líneas de transmisión baratas (2 Mbps de upload) la reducción en el retardo en cola es de 3 órdenes de magnitud, lo que reduce enormemente el delay. Por supuesto, el precio a pagar no considerado en este ejercicio es la distribución y mantenimiento de las películas en los pares.