

ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS

Conjunto de problemas 5.2 (2026-2027)

1. Una empresa dispone de un call-center con 5 líneas de entrada y 5 operadores que contestan llamadas (Figura 1). El dueño se queja de que, según los últimos datos, en la hora de máxima demanda un 15% de las llamadas están siendo rechazadas por no disponer de línea y operador que las atienda. Exige que como mucho un 0.5% de las llamadas puedan perderse. Se sabe que la duración media de estas llamadas es de 4 minutos.

¿Cuántas llamadas se están recibiendo por minuto en la hora de máxima demanda? El dueño le plantea una primera opción para mejorar el servicio: cambiar la centralita por otra con 10 líneas de entrada y alquilar esas 5 líneas de entrada extra al proveedor de telefonía (así como más operadores). ¿Es suficiente con esta ampliación?

Otra opción que nos da el proveedor de servicio es mantener esas 5 líneas y redireccionar en la red telefónica las llamadas que no podamos atender porque están las líneas ocupadas, a otro centro de servicio de otra sucursal de nuestra empresa. Pero para ello nos va a cobrar según el tráfico en Erlangs que redireccione. ¿Qué intensidad de tráfico podemos esperar que se redireccione al segundo centro de servicio? ¿Cuántas llamadas por minuto se redirigirían?

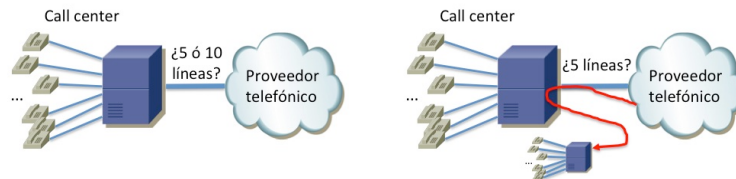


Figura 1 - Escenario del problema

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=748b0f20

2. Una empresa tiene repartidos a sus trabajadores en dos edificios (Figura 2). Posee una centralita en cada uno y una tercera que hace de interconexión. Se espera que los usuarios hagan muy pocas llamadas de un edificio a otro y se dispone de 5 líneas del edificio 1 al central y de 7 desde el edificio 2. Si en la hora cargada las llamadas de usuarios del edificio 1 al 2 representan una intensidad de tráfico de 1.3 Erlangs y las de los usuarios del edificio 2 al 1 una intensidad de 0.9 Erlangs calcule la probabilidad de que una llamada entre edificios no pueda ser cursada.

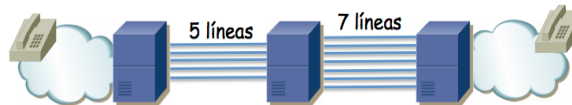


Figura 2.- Escenario del problema

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=92563733

3. La central primaria C (Figura 3) atiende a dos centrales locales A y B. En las centrales A y B las llamadas con destino B o A respectivamente se encaminan si es posible por el enlace directo entre estas centrales, y en caso de estar ocupado, a través de la central primaria. El enlace entre A y B tiene capacidad para 5 llamadas simultáneas. El enlace entre A y C tiene capacidad para 10 llamadas y el enlace entre B y C para 20 llamadas. El enlace de la central primaria y la secundaria permite 20 llamadas. La intensidad de tráfico ofrecida a entre cada pareja de extremos se muestra en la Tabla 6

Calcule la cantidad de tráfico en Erlangs que cursa el enlace entre A y C y cuál es la probabilidad de bloqueo de una llamada de un abonado de A a uno de B.

El enlace entre la central primaria y la secundaria permite 30 llamadas simultáneas. El enlace entre la central local A y la primaria P 10 llamadas simultáneas. El enlace de la central B por la red jerárquica tiene capacidad para 20 llamadas. Entre la central local A y la central local B existe un enlace de la red complementaria que permite 2 llamadas simultáneas. Las llamadas entre abonados de A y abonados de B se intentan cursar en primer lugar por la ruta directa y en caso de congestión se reintentan por la ruta final. Las intensidades de tráfico medio para la hora cargada entre cada pareja de centrales se pueden ver en la Tabla 5 (expresadas en Erlangs). Se supondrá que la probabilidad de bloqueo en un segmento de trayecto más allá de la central secundaria es despreciable.

Calcule (razone y explique el cálculo) el número mínimo de llamadas simultáneas que debe soportar el enlace por la red jerárquica de la central local C para que la probabilidad de bloqueo de llamadas entre abonados de la central A y de la central C sea de menos de un 1%.

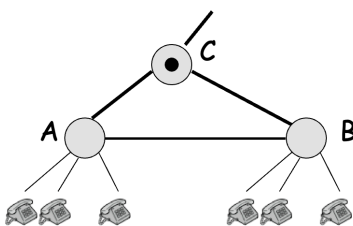


Figura 3 – Escenario del problema

Origen	Destino			
	A	B	C	Otros
A	-	0.5	2.5	0.1
B	0.25	-	5	0.1
C	1	3.5	-	4
Otros	0.1	0.1	10	-

Tabla 1 – Intensidad de tráfico (Erlangs)

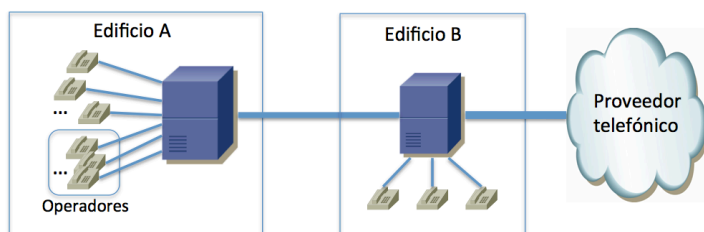
Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=337a8182

4. Una empresa tiene bastantes empleados que tiene que hacer viajes por trabajo. En media mantiene unas 50 personas en teletrabajo por culpa de estos viajes. Viajan a cualquier parte del mundo, así que sus horarios son muy variados y podemos suponer que sus accesos a la red corporativa se distribuyen homogéneamente a lo largo del día. Cuando un teletrabajador quiere acceder a la red de la empresa debe establecer una sesión con un equipo de acceso de la empresa. Esta sesión se mantiene establecida durante todo el tiempo que esté trabajando. Cada teletrabajador intenta acceder 1 vez al día en promedio y si fracasa no reintenta hasta el día siguiente. Si consigue establecer la sesión la mantiene durante un promedio de 25 minutos. ¿Cuántas sesiones simultáneas debe permitir el equipo de acceso de la empresa para que la probabilidad de que un teletrabajador no pueda un día cualquiera establecer sesión sea inferior al 1%?

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=b5dbb3a2

5. Una empresa tiene dos edificios y una red telefónica como se ve en la Figura 4. En ambos edificios hay una gran cantidad de usuarios con línea telefónica de la central correspondiente. El enlace entre las dos centrales tiene capacidad de 8 líneas. Como la empresa tiene buena relación con el proveedor de servicio telefónico, el enlace al exterior salía muy barato y se ha sobredimensionado con 16 líneas. Como administrador de la red de la empresa tiene acceso a las estadísticas de uso de la misma y sabe que durante la hora cargada de la mañana las intensidades de tráfico típicas entre los usuarios de su red, así como con el exterior, vienen dadas por la tabla 1. Sin embargo, el enlace tendido entre los dos edificios es de solo 8 líneas. Debe preparar la red para el tráfico que se generará por una promoción que pretende realizar la empresa. Se han distribuido 2500 cupones entre los clientes, que pueden llamar para reclamar su premio durante 5 días en horario de 9 a 13. Para atender a estos clientes se ha habilitado en el edificio A un call center con 8 operadoras que responden a llamadas al número de la promoción. Estos operadores no pueden hacer llamadas y solo están para atender a las llamadas de la promoción. Se espera, por promociones anteriores, que la duración media de las llamadas de la promoción sea de 2 minutos.

¿Cuál es la carga extra de tráfico que tendremos en el enlace exterior debido a la promoción? ¿Qué fracción de las llamadas de la promoción es rechazada?



Origen	Destino		
	A	B	Exterior
A	4.1	1.4	0.9
B	1.5	2.4	2.3
Exterior	0.1	0.2	-

Tabla 2 - Tráfico en la hora cargada para (Erlangs)

Figura 4.- Escenario del problema

6. La empresa GhostISP ofrece servicios de transporte de datos de alta capacidad en un entorno metropolitano y para ello posee una pequeña red con la topología de la Figura 5. En la actualidad ofrece el servicio de transporte solo entre los edificios A y B los cuales albergan numerosas pequeñas empresas dedicadas al análisis de grandes volúmenes de información. Para dar servicio a las necesidades intermitentes de comunicación de alta capacidad entre ambos edificios, GhostISP ofrece el transporte de flujos PDH E3 (aprox 34Mbps) entre ambos edificios. Un enlace cualquiera de la red soporta un máximo de doce E3 simultáneamente. Cuando una empresa tiene un alto volumen de datos que intercambiar entre los edificios contrata con GhostISP un E3 entre ambos edificios, hace la transferencia y termina el contrato.

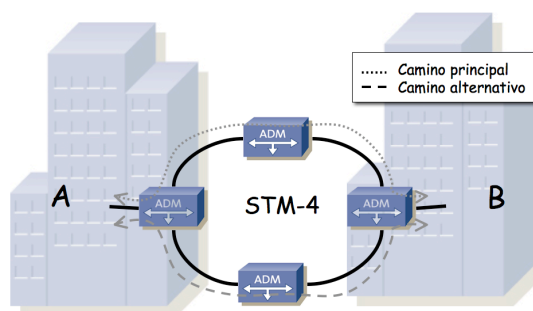


Figura 5 - Red de GhostISP

GhostISP, ante una nueva solicitud de un E3, intenta establecer un circuito en su red empleando lo que llama el “camino principal”. Si el camino principal está saturado intenta emplear el “camino alternativo”. Si no queda capacidad por ninguna de estas rutas GhostISP pierde un valioso cliente.

Tras bastante tiempo en el negocio, GhostISP conoce bien a sus clientes y sabe que en media recibe 2 peticiones al día de nuevos circuitos y que los contratos duran una media de 10 días.

¿Cuál es la intensidad de tráfico medida en Erlangs que recibe la red de GhostISP?

¿Cuál es la probabilidad de que GhostISP no pueda atender una nueva petición y pierda un cliente?

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=5bff1ec9

7. Un servicio de atención técnica telefónica tiene una centralita con un enlace de alta capacidad contratado a la red telefónica. Por ese enlace recibe una media de n llamadas/hora que la centralita dirige a uno cualquiera de los operadores de 1º nivel, que están capacitados para resolver problemas sencillos. Hay c_1 operadores de primer nivel y tardan una media de T_1 segundos en resolver un caso. La centralita no tiene un sistema de espera, de forma que si todos los operadores están ocupados se le reproduce una locución al llamante pidiendo disculpas y solicitándole que vuelva a llamar más tarde y se le corta la llamada. Esta locución automática dura T_r

segundos. Una fracción q de los clientes atendidos por el 1º nivel no ven su problema resuelto debido a su complejidad. Estos clientes, tras ser atendidos por un operador de primer nivel son redirigidos a un especialista de 2º nivel, lo cual libera al operador de 1º nivel. Hay c_2 operadores especialistas de segundo nivel. Si están todos ocupados se le reproduce la locución automática al usuario y se le cuelga. Los especialistas tardan un promedio de c_2 en resolver un caso (y los resuelven todos).

¿Qué proporción de las llamadas no logra ser atendida por operadores del primer nivel? ¿Qué proporción de las llamadas es redirigida al segundo nivel? ¿Qué proporción de las llamadas es redirigida al segundo nivel, pero no logran ser atendidas? ¿Cuál es la duración media de las llamadas?

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=5b1840e4

8. Una empresa tiene dos sedes alejadas. Cada sede tiene un router frontera y a través de una WAN intercambia paquetes con la otra sede. La capacidad de ese enlace es de 600 Kilobits/s simétricos. Por este enlace se envía exclusivamente el tráfico de llamadas de voz mediante una solución de VoIP ("Voice over IP", voz empleando conmutación de paquetes). Cada usuario de la sede 1 hace una media de 0.4 llamadas por hora a compañeros de la otra sede. Estas llamadas tienen una duración media de 5 minutos. Cada usuario de la sede 2 hace una media de 0.6 llamadas por hora a compañeros de la otra sede. Estas llamadas tienen una duración media de 4 minutos. En la sede 1 hay 600 usuarios mientras que en la sede 2 hay 300 usuarios. Cada vez que un usuario, desde su PC, emplea el software de VoIP corporativo para establecer una llamada telefónica con un usuario de la otra sede, ese tráfico circula por ese enlace. Los routers de los extremos gestionan el uso de ese enlace para evitar que se establezcan más llamadas que aquellas que soporta por su capacidad máxima. Los routers extremo del enlace filtran la señalización del tráfico de VoIP para impedir que se establezca una llamada si ésta va a hacer que se exceda el 90% de la utilización de ese. El tráfico de señalización es despreciable. El tráfico de VoIP está formado principalmente por los flujos de voz en cada sentido. Cada uno de estos flujos se compone de los paquetes con las muestras de voz. Supondremos que el compresor empleado genera un paquete cada 50 milisegundos, todos ellos de 80 bytes.

El software corporativo de VoIP, si intenta establecer una llamada telefónica y fracasa redirige esa llamada por una pasarela hacia la red telefónica tradicional. Calcule el número medio de llamadas por hora que se redirigen hacia la PSTN.

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=26c3f524

9. Un ISP ofrece un servicio añadido de vídeo bajo demanda a sus abonados. Tiene dos tipos de abonados, los abonados "premium" y los abonados "basic". Cuando un abonado premium solicita una película se le intenta atender desde el Data Center HPAS (High Premium Advanced Services). Ese centro de datos tiene una capacidad máxima en número de películas que puede estar enviando simultáneamente. Si en un momento dado ha alcanzado ese máximo y llega una nueva petición de un usuario premium la redirige al Data Center VBAS (Very Basic Advanced Services). Si el VBAS ha alcanzado su máxima capacidad rechaza nuevas peticiones hasta que quede libre alguno de sus servidores. Las peticiones de los usuarios basic van directamente al VBAS y no pueden usar nunca el HPAS. Todas las peticiones que llegan a un data center se consideran equivalentes a la hora de atenderlas. Los usuarios premium en media solicitan una película al día mientras que los basic solicitan una película a la semana. Se tienen 100 abonados premium y 2.000 abonados basic. Todas las películas tienen una duración aproximada de 90 minutos. En estos momentos cada centro de datos puede atender a un máximo de 10 peticiones simultáneamente.
- Calcule el número de películas al año que se atiende de los usuarios premium y el número de los usuarios basic.
 - Los usuarios premium pagan por cada película que ven 10 veces más que los usuarios basic. Se va a mejorar la capacidad de uno de los centros de datos para que en vez de 10 películas pueda servir 11 películas simultáneamente. Con qué opción obtiene más beneficio el ISP: mejorando el HPAS o el VBAS? Justifique la respuesta con cálculos si es preciso.

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=4948ea35

10. Una empresa tiene 3 líneas de teléfono para que llamen los empleados que trabajan remotamente (Figura 6). Mediante un modem hacen una llamada a uno de esos números y sobre la llamada establecen un canal de datos empleando PPP (un protocolo para enlaces punto a punto) para acceder a la red corporativa. Los ejecutivos tienen configurado su ordenador para que llame al número de teléfono N1. Si N1 les sale que está ocupado, una fracción P de ellos intenta llamar al N2 y si ese les sale también ocupado llaman al N3 (todos los que se bloquean en N1 y deciden intentar con N2, si les falla lo intentan con N3, están en una auténtica necesidad de acceder a la red!). Los técnicos no conocen el número N1 así que tienen configurado en primera opción llamar al número N2 y si ese está ocupado intentarlo con el N3 (los técnicos no abandonan al primer intento, siempre están en una auténtica necesidad de acceder a la red).

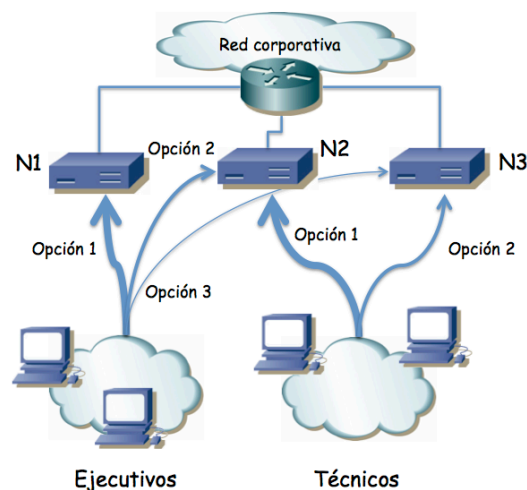


Figura 6 – Escenario del problema

Si no consiguen establecer la llamada desisten de trabajar remotamente. Al gestor de la empresa le interesa saber en qué medida este esquema escala a medida que tenemos más empleados móviles, entendiendo que nos interesa que los trabajadores puedan acceder a la red corporativa siempre que lo necesiten.

Suponga que los ejecutivos (entre todos) hacen una media de n_1 intentos de conexión a la red privada cada hora. Los técnicos hacen una media de n_2 intentos de conexión por hora. Normalmente estas cifras estarán en función del número de trabajadores. El tiempo medio durante el cual trabajan empleando un enlace establecido con la red corporativa es de T segundos.

Calcule las intensidades de tráfico provenientes de los ejecutivos y de los técnicos.

Calcule la probabilidad de que una llamada de un ejecutivo no sea atendida por la línea N1.

Calcule el número medio de llamadas por hora que son atendidas por la línea N1.

Calcule la probabilidad de que una llamada de un técnico no sea atendida.

Calcule la probabilidad de que un ejecutivo logre acceder a la red corporativa.

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=e9c3d90e

11. El departamento de ingeniería de una empresa dispone de una sala de descanso donde se han instalado 2 máquinas de café de uso gratuito y exclusivo para ellos. Los descansos que se les permiten son muy breves, así que cuando un trabajador decide tomarse un café, si las 2 máquinas se encuentran en uso preparando café se baja a la planta baja del edificio donde hay 3 máquinas expendedora que cobran 1.2 euros por cada café. Estas máquinas son usadas también por los trabajadores de otros departamentos de la empresa, que no disponen de máquinas propias. Si también esas tres máquinas están ocupadas el trabajador vuelve a su puesto y cancela el intento de tomarse un café, ya que ha perdido demasiado tiempo simplemente buscando una máquina libre.

El número total de trabajadores de la empresa es 1000, de los cuales 400 son del departamento de ingeniería. Se les permite tomarse una pausa para café al día, y aunque no está vigilado, en promedio los trabajadores intentan cumplirlo. Las máquinas de café del departamento de ingeniería tardan una media de 1 minuto en preparar un café, mientras que una máquina expendedora tarda 50 segundos.

La jornada de trabajo en la empresa es de 8:00 a 15:30 y los trabajadores tienen ritmos diferentes e independientes entre ellos respecto a si se toman el café temprano como desayuno, como almuerzo o antes de marcharse.

Detalle las hipótesis que necesite añadir.

Calcule la probabilidad de que un trabajador del departamento de ingeniería baje a las máquinas expendedoras.

Calcule la cantidad de dinero en promedio al día que cobra de los cafés la empresa que ha instalado las tres máquinas expendedoras.

Calcule la cantidad promedio al año que gasta en café una persona del departamento de ingeniería (suponga un año con 230 días laborables).

Suponiendo que el producto para la máquina de café sale a 0.2 € por cada café ¿Merecería la pena que los trabajadores de ingeniería pongan dinero para comprar una tercera máquina de café?