

Sistema de difusión masiva de información para la gestión eficiente de equipos informáticos en centros sanitarios

D. Marcos Jorquera¹, D. Ruiz Fernández¹, V. Gilart Iglesias¹, F.J. Mora Gimeno¹

¹ Departamento de Tecnología Informática y Computación, Universidad de Alicante, San Vicente del Raspeig, España, {dmarcos,drui,z,vgilart,fjmora}@dtic.ua.es

Resumen

En este artículo se propone un protocolo de difusión de información que permite la transmisión simultánea y eficiente de altos volúmenes de información a un número elevado de destinatarios. La integración de este protocolo en un sistema de gestión de redes permitiría la realización de tareas de gestión básicas en los dispositivos informáticos de los centros sanitarios (instalación de ordenadores, actualización de software, distribución de datos, etc.) de forma eficiente, escalable y con tiempos acotados.

1. Introducción

Los actuales sistemas sanitarios engloban un amplio y heterogéneo conjunto de centros hospitalarios, ambulatorios, clínicas y centros de salud, tanto públicos como privados. En todos estos centros el grado de implantación de las tecnologías de la información y la comunicación es muy alto, aportando grandes mejoras en la calidad del servicio ofertado [1].

La gestión de los dispositivos que dan soporte a estas tecnologías (ordenadores de sobremesa u otros dispositivos de computación), es una tarea compleja que normalmente implica un alto coste, tanto en recursos humanos como en servicios e infraestructuras de apoyo. Esta complejidad está asociada al alto volumen de dispositivos y a la heterogeneidad de las tareas asociadas a la gestión de estos dispositivos: seguridad, operatividad, monitorización, inventario, mantenimiento del software, etc. El mantenimiento de la infraestructura tecnológica de un sistema de salud es uno de los aspectos claves a la hora de tener en cuenta en su implementación [2].

Los sistemas de gestión de redes aportan una solución al problema de la gestión, incorporando mecanismos automáticos o asistidos que ayudan a los administradores de sistemas a realizar labores cotidianas, como la puesta en marcha y configuración inicial de un nuevo equipo, la instalación de nuevo software o actualizaciones o la reinstalación parcial o total de un equipo en caso de error o malfuncionamiento [3].

Estos sistemas utilizan repositorios centralizados para obtener el software, la configuración y los datos necesarios para llevar a cabo estas tareas. Muchos de estos sistemas de gestión son altamente desatendidos y pueden ser planificados para realizar sus tareas de forma periódica, aprovechando tiempos de inactividad del centro, como las noches o festivos.

Para facilitar la gestión, y dado que los dispositivos que suelen encontrarse en los centros suelen estar replicados (tienen un hardware idéntico o muy similar), el administrador puede crear perfiles de equipos en función de sus requerimientos hardware o de funcionalidad que servirán de base para la gestión automatizada del centro. De esta manera podemos encontrar un perfil para los equipos de los médicos de cabecera, un perfil para los equipos de los servicios administrativos, un perfil para los equipos de información y notificación a pacientes, etc.

Cuando el volumen de los dispositivos a gestionar es muy alto, pensemos por ejemplo en un hospital con cientos de ordenadores, se pueden producir problemas de rendimiento debido, principalmente, al uso exhaustivo que estos sistemas de gestión hacen de la infraestructura de red. En problema se acentúa aún más cuando las tareas de gestión implican un alto volumen de transferencia de información desde los repositorios software, como podría ser por ejemplo, un cambio en el sistema operativo de los ordenadores. Esto produciría retardos en los procesos de gestión.

Esta saturación es debida a que los tradicionales protocolos de transmisión de información, como HTTP o FTP, no explotan todo el potencial de la red de comunicaciones a la hora de distribuir la información. Su principal problema radica en que son protocolos uno-a-uno, es decir establecen comunicaciones, generalmente bidireccionales, entre dos únicos nodos (figura 1). En estos casos cuando el volumen de información es muy alto, y el conjunto de destinatarios es también elevado, la retransmisión de la información de forma simultánea, desde un repositorio central a todos los equipos receptores, se puede producir problemas de saturación.

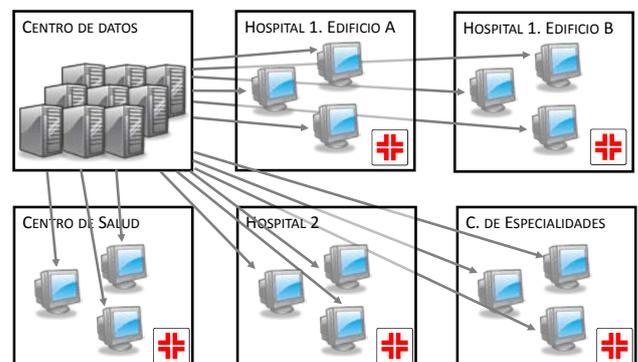


Figura 1. Esquema de transmisión de información clásico

En este trabajo se propone un sistema de difusión masiva de información, que permita, haciendo uso de tecnologías como la transferencia colaborativa [4], los sistemas P2P [5], el *streaming* de información y técnicas de *multicast* [6], la transmisión simultánea de grandes volúmenes de información a múltiples destinatarios, con características de eficiencia y escalabilidad (figura 2).

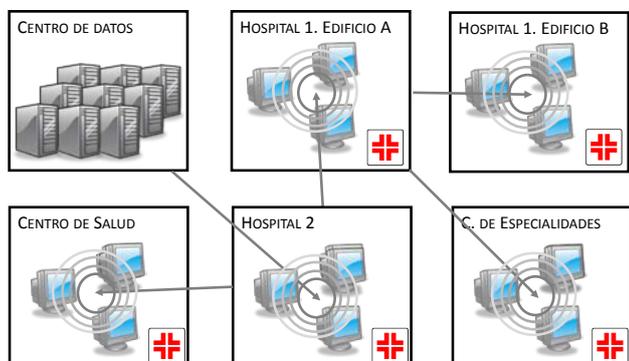


Figura 2. Esquema de transmisión colaborativo con multicast

2. Sistema de difusión masiva de información

El sistema de difusión masiva de información propuesto se fundamenta en un protocolo de transporte para la transferencia de información que permite al sistema de gestión el *streaming* de información (comunicación basada en un flujo de datos unidireccional y confiable), desde un origen hasta múltiples destinatarios. El origen de dicho flujo de datos será el repositorio donde se almacena el software y los datos (elementos base del proceso de gestión) y los destinatarios serán los distintos dispositivos sobre los que se desarrollan las tareas de gestión: instalar sistemas operativos o aplicaciones, actualizaciones, distribución de configuraciones o datos, etc. El protocolo estará basado en IP lo que facilitará su integración en las redes de computadores actuales.

En las comunicaciones P2P no existe diferenciación entre nodos emisores y destinatarios ya que todos los miembros de la comunicación (denominados *peers* en este entorno) actúan con el mismo rol, independientemente de que al inicio es posible que algunos *peers* tengan toda la información, similar a los emisores, y otros no tengan nada de la información, similar a los receptores. Esta propuesta realiza un enfoque mixto en el sentido de que, al tratarse de un *streaming*, siempre existirá al menos un nodo que actuará con el rol de **emisor** y otros que actuarán como **receptores**; internamente un receptor podrá retransmitir un bloque de datos a otro receptor, al estilo de los sistemas P2P. Mediante esta filosofía colaborativa se libera al emisor de la necesidad de enviar toda la información a todos los destinatarios. En concreto nuestra propuesta utiliza una arquitectura en árbol que será explicada más adelante.

Al igual que en TCP el proceso de transmisión está contextualizado en una **sesión de transferencia**. Durante la sesión se establece un flujo virtual y unidireccional entre emisor y receptores para la transmisión de la información. Cada sesión es un proceso de comunicación

independiente. Por ejemplo un mismo emisor podría estar emitiendo datos distintos a dos conjuntos de receptores de forma simultánea, cada uno de estos procesos de transferencia estaría contextualizado en una sesión distinta. En cada sesión cada componente de la comunicación tendrá asociado un identificador único. Así mismo, la sesión también estará identificada por un identificador único.

Las técnicas de *multicast* y *broadcast* permiten realizar un envío de tramas eficiente en el caso de múltiples destinatarios, ya que es posible enviar una trama que sea recibida simultáneamente por varios destinatarios. El protocolo IP permite el uso de estas técnicas en el envío de tramas por lo que es posible integrarlas dentro de nuestro protocolo. Sin embargo estas técnicas son dependientes de la infraestructura de red subyacente y su uso suele estar limitado a redes de área local.

En la fase de conexión del protocolo los participantes identificarán las distintas zonas entre los participantes de la comunicación. Una *zona* es el ámbito de acción de un determinado conjunto de nodos de forma que un nodo de una zona puede enviar (difundir) una trama que llegue al resto de nodos de esa misma zona, ya sea por *broadcast* o por *multicast*. Dentro de la zona la comunicación será mucho más eficiente, ya que solo habrá que enviar una vez la información para que todos los componentes de la misma lo reciban.

Dentro de una sesión cada nodo pertenecerá a una única zona. A los nodos que componen una misma zona se les denominará *vecinos* de la zona.

La comunicación dentro de cada zona se realizará por difusión transmitiendo de forma eficiente la información dentro de la zona y con una estructura totalmente plana, es decir, no hay ninguna jerarquía preestablecida entre los vecinos de la zona.

La comunicación entre zonas se realizará mediante *unicast*. Las zonas se estructurarán en forma de árbol de manera que una determinada zona recibe información sólo de su zona padre y retransmite la información a todas sus zonas hijas. Además cada zona será responsable de reenviar información perdida a sus zonas hijas, es decir, el control de errores se produce desde las zonas padre hacia sus hijas. El origen del árbol, la **zona raíz**, será aquella donde resida el emisor.

El protocolo no limita, ni la profundidad de cada árbol ni el número de hijos de cada zona ni la cantidad de vecinos de cada zona.

En el proceso de transmisión se producirá un flujo principal de la información que nacerá de las zonas raíz y pasará por todas las zonas llegando a las zonas hoja. El hecho de que la transmisión de la información se realice por delegación, es decir, cada padre sólo retransmite a sus hijos, confiere un alto grado de escalabilidad al sistema.

Durante el proceso de transferencia las zonas podrán cambiar de posición, bien por cuestiones de rendimiento, acercándose a zonas más cercanas o menos saturadas,

bien por problemas puntuales, como la desaparición de una zona.

Para llevar a cabo el proceso de comunicación, los participantes de la comunicación se enviarán mensajes entre ellos. Cada uno de esos mensajes realizará una operación concreta.

Cada sesión está estructurada en tres fases consecutivas (figura 3): **conexión**, los participantes se pondrán en contacto con el emisor principal para unirse a la comunicación; **transferencia**, la información será difundida desde los emisores hasta los receptores; **cierre**, la transferencia será finalizada y todos los participantes abandonarán la sesión.



Figura 3. Fases de una sesión de transferencia

2.1. Fase de conexión

Durante la fase de conexión todos los participantes de la comunicación se ponen en contacto con el emisor para obtener los datos necesarios y sincronizar el proceso de transferencia.

Inicialmente se produce un proceso de **identificación** donde los nodos intercambian mensajes con el emisor para darse de alta en la sesión y determinan cuál es su identificador único. Los identificadores los gestiona el emisor, siendo el único elemento del sistema que conocerá la totalidad de los nodos que conforman la sesión. Dado que la comunicación será realizada de forma simultánea entre todos los elementos, el emisor esperará en esta fase un tiempo determinado (o un número máximo de nodos establecidos) para que los destinatarios puedan unirse a la sesión.

Una vez identificado, cada nodo determinará en que zona se encuentra (si ya hay algún otro nodo) o creará una nueva (si es el primero). Para ello el nodo difunde por *multicast* o *broadcast* una serie de paquetes sonda. Si tras varios intentos no se recibe ninguna respuesta se asume que es el primero de la zona. Si recibe un paquete de respuesta (pueden ser varios) se marca a este nodo como vecino de la zona. Después de este proceso, el nodo indicará al emisor en que zona se encuentra.

Una vez el emisor tiene la lista de zonas activas en la transmisión procede a crear los árboles de transmisión. El emisor podrá tener configurado un máximo de zonas hijas por cada zona, que determinará la anchura máxima del árbol. A la hora de asignar las zonas hijas (aristas del árbol) podrá hacerlo desde aleatoriamente hasta basándose en funciones de distancia entre zonas, con lo cual se optimizaría la transferencia entre zonas.

Una vez conformado el árbol el emisor informará a los participantes de la estructura del mismo.

2.2. Fase de Transferencia

En el proceso de transferencia la información se subdivide en bloques de datos de tamaño fijo (el tamaño será determinado por el emisor en la fase de conexión). Cada bloque tendrá un identificador único, correspondiente con su posición en el global de la información.

Para realizar la transferencia cada nodo utilizará un buffer de bloques de datos o *buffer de transferencia*. El protocolo no establece el tamaño del buffer, de forma que cada nodo decidirá el tamaño del buffer, en función de los recursos de cada dispositivo. En el buffer de transferencia se gestiona la ordenación de los bloques de datos y también se utiliza de almacén temporal de la información hasta que las aplicaciones de usuario lean el contenido del flujo de información. Evidentemente cuanto mayor sea el buffer de transferencia más se favorece el proceso de transmisión.

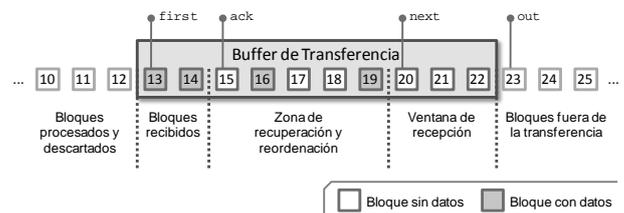


Figura 4. Buffer de transferencia

El buffer es utilizado como elemento principal en el proceso de transferencia. Cuando un nodo recibe un bloque de datos, lo almacena en su posición y no lo descarta hasta que la aplicación que está leyendo la información lo procesa y el resto de nodos que dependen de él (vecinos de la zona u otros nodos de zonas descendientes) ya han confirmado su recepción. Por ello en cada mensaje que un nodo envía, especifica el estado de su buffer, identificando las dos zonas principales del buffer: la **ventana de recepción**, donde se espera recibir nuevos bloques; y la **zona de recuperación y reordenación**; donde hay bloques perdidos o no recibidos. Estos datos permitirán al resto de nodos detectar el avance del flujo de información (para ir confirmando la recepción de bloques) y la presencia de huecos (para su recuperación)

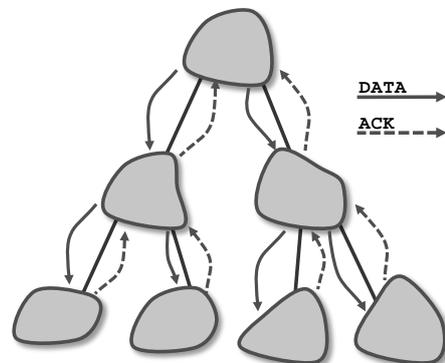


Figura 5. Flujos de datos y confirmaciones en el árbol de zonas

Cuando un nodo tiene un nuevo bloque de datos para transmitir, bien porque lo ha recibido de un nodo de su zona padre, bien porque es el emisor y desde la capa de

aplicación se ha enviado información, el nodo tiene que coordinar los siguientes tres pasos: difundir la información en su zona; retransmitir la información a las zonas hijas; y confirmar la recepción al padre.

De esta manera en el árbol se producirán dos flujos de información: uno que va del emisor a las zonas hoja de paquetes tipo DATA y otro flujo de confirmación con paquetes ACK que va de las hojas al emisor (figura 5).

2.3. Fase de cierre

Durante el proceso de comunicación cualquiera de los nodos podrá dar por finalizada la transferencia. La finalización de la transferencia se realiza mediante la operación CLOSE. En este sentido el cierre de la comunicación será interpretado de distinta manera en función de si el cierre lo realiza el emisor u otro nodo.

Si el cierre lo produce el emisor, este indicará al resto de elementos el fin de la transferencia y esperará a que todos los nodos confirmen la recepción de todos los bloques antes de dar por finalizada la comunicación.

Si el cierre lo produce un receptor, se considerará un abandono de la sesión y se eliminará al nodo de la zona. Si es el último de la zona se eliminará la misma y se reestructurará el árbol, informando a los nodos implicados en la reestructuración. De forma similar, si se detecta que un nodo no tiene actividad ninguna durante un tiempo establecido, es que habrá *muerto*, y se dará de baja del sistema de forma similar.

3. Pruebas y resultados

Se han realizados pruebas del sistema de difusión en un escenario que simula tres centros sanitarios independientes y la actualización de tres computadores en cada uno de ellos, con una carga para el proceso de actualización de 1GB. Este escenario implica en el sistema un modelo compuesto por tres redes independientes, cada una de ellas con tres nodos. El emisor (repositorio con la información) está situado en una de las tres zonas. Se ha realizado el envío de un bloque de información de 1GB de tamaño (paquetes de actualización del software), comparando el envío con una transmisión clásica utilizando TCP y utilizando el sistema propuesto.

Tráfico	TCP	Propuesta
Enviado por el emisor	8.37GB	1.79GB
Recibido por el emisor	93MB	31MB
Enviado por cada receptor	12MB	381MB
Recibido por cada receptor	1.05GB	1.03GB
Total transferido	8.5GB	4.8GB

Tabla 1. Trafico enviado y recibido

Como se puede observar en la tabla 1, el hecho de utilizar un sistemas basado en *multicast* ha reducido considerablemente el trafico transmitido (un 43.5%), y el hecho de utilizar un esquema colaborativo ha reducido en

gran medida el trafico asociado al emisor (un 79%), distribuyéndose entre el resto de participantes.

4. Conclusiones

En este trabajo se ha propuesto un protocolo de difusión de información basado en mecanismos de transferencia colaborativa y técnicas de *multicast* que aporta las siguientes características:

- La transmisión de la información se realice de forma escalable, sin importar el tamaño de la información o el número de destinatarios de la misma.
- Evita saturaciones en la red, haciendo que el sistema de gestión tenga un bajo impacto sobre la red que gestiona.
- Aprovecha al máximo los recursos de la red, incorporando al proceso de transferencia elementos de soporte que faciliten la transmisión y aumenten los ratios de escalabilidad y tolerancia a fallos.

La integración de este protocolo en los sistemas de gestión de los centros sanitarios aportaría las siguientes ventajas:

- Disminución de los tiempos de gestión de los dispositivos informáticos del centro.
- Reducción de la inversión en infraestructuras de redes para dar soporte a los sistemas de gestión.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a Universidad de Alicante (GRE12-22) y Generalitat Valenciana (GV/2014/084)

Referencias

- [1] J. Lee, J. S. McCullough, and R. J. Town, "The impact of health information technology on hospital productivity," *The RAND Journal of Economics*, vol. 44, no. 3, pp. 545-568, 2013.
- [2] K. M. Cresswell, D. W. Bates, and A. Sheikh, "Ten key considerations for the successful implementation and adoption of large-scale health information technology," *Journal of the American Medical Informatics Association*, April 18, 2013, 2013.
- [3] K. Hyojoon, and N. Feamster, "Improving network management with software defined networking," *Communications Magazine, IEEE*, vol. 51, no. 2, pp. 114-119, 2013.
- [4] Beaumont, O.; Legrand, A.; Marchal, L.; Robert, Y., "Pipelining broadcasts on heterogeneous platforms," *Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions on*, vol.16, no.4, pp.300,313, April 2005.
- [5] Zhenyu Li; Gaogang Xie; Kai Hwang; Zhongcheng Li, "Churn-Resilient Protocol for Massive Data Dissemination in P2P Networks," *Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions on*, vol.22, no.8, pp.1342,1349, Aug. 2011.
- [6] Canzian, L.; Zanella, A; Zorzi, M., "Overlapped NACKs: Improving multicast performance in multi-access wireless networks," *GLOBECOM Workshops (GC Wkshps), 2010 IEEE*, vol., no., pp.1469,1474, 6-10 Dec. 2010.