

Conceptos básicos

Definición recursiva de redes

Una red puede definirse recursivamente. El caso más simple consiste en dos hosts unidos por un enlace (estrictamente hablando, un host sería el caso más simple, pero no sería una definición práctica de red, sin embargo esta será la unidad a ser usada en pasos posteriores).

Una vez definido el caso base, es trivial agregar un nuevo host, conectado por un enlace a uno de los hosts agregados previamente. En este caso, tendríamos dos hosts, unidos por un tercer host, sin conexión directa entre ellos.

Es posible extender este concepto y unir múltiples hosts, cada uno con su propio enlace conectado con el host central del ejemplo anterior. Por ahora supondremos que todos los enlaces pueden unir pares de hosts, sabiendo que es posible que algunos enlaces sean compartidos. En este caso, poseemos una serie de nodos interconectados por un dispositivo en el medio. Viéndolo del punto de vista de los hosts, lo que haya en el medio es irrelevante de su punto de vista, por lo que podemos abstraerlo y decir que es la red, la cual se suele representar con una nube.

Habiendo visto este paso, podemos abstraernos de los nuevos hosts, sabiendo que si deseara agregar más conectados a ellos, podríamos representar a los nuevos hosts conectándose a la nube, sin tener en cuenta el contenido.

Obviamente la abstracción a usar depende de la situación actual y el problema que se desea resolver, pero la conclusión final es que la red es simplemente algo abstracto que representa una interconexión de nodos con enlaces, y que permite el transporte de datos entre otros nodos (llamados hosts).

Tipos de enlace

El enlace más simple consiste en dos nodos unidos por un cable. Este enlace (el usado en el punto anterior) es conocido como punto a punto. Un enlace punto a punto tiene dos participantes, unidos por algún medio. Los datos puestos por uno de los integrantes de un enlace punto a punto serán vistos exclusivamente por el otro lado de la conexión y (suponiendo que hay un medio para recibir y otro para transmitir) es posible enviar datos en cualquier momento sabiendo que serán entregados al otro lado.

Un tipo enlace más complicado es el llamado enlace de múltiple acceso, broadcast o multipunto. Este tipo de enlaces consiste en múltiples nodos compartiendo un mismo medio. Normalmente para usar este tipo de medio, un nodo debe “apoderarse” del enlace antes de poder mandar, los mensajes enviados son recibidos por todos los nodos participantes y por lo tanto debe haber una forma de indicar quien es el destinatario de cada mensaje.

Como una clasificación adicional, complementaria a la de broadcast/punto a punto son las características físicas del medio, principalmente la diferenciación entre medios guiados (cables, fibras ópticas) y medios no guiados (radio, infrarrojo). En esta segunda clasificación se hace énfasis en la simplicidad de uso, capacidades y posibilidad de interceptación.

Direccionamiento

Debido a la presencia de enlaces broadcast, es necesario definir esquemas de direccionamiento. Estos esquemas se usan para determinar el destinatario de un mensaje en un medio que lo entrega físicamente a todos los nodos conectados. Las direcciones pueden dividirse en tres tipos: unicast, broadcast y multicast.

Una dirección unicast especifica una única estación como receptora. Esta estación, al ver el mensaje en el medio, lo recibe mientras que las demás lo ignoran.

Un mensaje con destino broadcast es un mensaje dirigido a todos los nodos que están conectados al medio. Generalmente existe una dirección definida tal que todos los nodos responden a ella. El mensaje será recibido y procesado por todas las estaciones.

Por último, existe la posibilidad de designar un mensaje como multicast, o sea un mensaje dirigido a un grupo de estaciones conectadas a un enlace, no necesariamente a todas. Este tipo de direccionamiento consiste en dirigir los mensajes a una dirección definida como de un grupo, al cual las estaciones se pueden suscribir. Este tipo de direccionamiento es más complejo y no siempre está presente, ya que no es trivial (a diferencia de unicast y multicast, en donde dos direcciones pueden cubrir todos los casos). Si una estación es capaz de recibir tráfico multicast, es probable que tenga algún tipo de tabla indicando a qué grupos pertenece y en consecuencia debe recibir.

Historia

A lo largo de la historia de la humanidad han habido una multitud de redes, siendo ejemplos notables las redes de semáforos en Europa a finales del siglo 18 y la red telegráfica.

Sin embargo, la red telefónica puede considerarse como una de las primeras redes a gran escala usadas en el planeta. La red telefónica puede fácilmente enmarcarse en la definición mencionada en el punto anterior, siendo una red que conecta nodos (teléfonos), usando enlaces y otros nodos (conmutadores telefónicos, o antiguamente operadoras).

El dimensionamiento de dichas redes fue estudiado por Agner Erlang en 1909 y se basó en el estudio de los patrones de tráfico de las comunicaciones telefónicas y en la creación de modelos que representen el tráfico promedio del sistema telefónico.

Conmutación de circuitos y paquetes

Un concepto importante de la red telefónica es la asignación de los recursos. Cuando se desea establecer una llamada, la operadora o la central telefónica conectan el teléfono de quien la origina con el del destinatario usando un número de circuitos físicos. Estos circuitos permanecen asignados durante la duración de la llamada.

La red telefónica por lo tanto es una red de conmutación de circuitos.

A principios de la década de 1960, dos investigadores propusieron independientemente un cambio de paradigmas. El nuevo paradigma sería la conmutación de paquetes.

El primer investigador, llamado Paul Baran, trabajaba en un proyecto de una red de comunicaciones que fuera tolerante a fallas para el Departamento de Defensa de Estados Unidos (DoD), con el fin de crear una red que pudiera tolerar un ataque nuclear y seguir funcionando. Eventualmente el proyecto fue cancelado, pero Paul Baran es reconocido como uno de los inventores de este nuevo paradigma.

La segunda persona que pensó en este nuevo paradigma fue Leonard Kleinrock, que en ese momento estaba preparando su tesis de doctorado en el MIT. Kleinrock advirtió que los patrones de tráfico entre computadoras difieren de los patrones de tráfico de las comunicaciones telefónicas, y llegó a la conclusión de que era necesario un cambio de paradigma. Poco después de terminar su tesis se unió a la UCLA y en 1969 realizó los primeros experimentos de interconexión de computadoras usando el paradigma de conmutación de paquetes, que eventualmente derivó en la ARPANET, precursor de Internet.

El nuevo paradigma pensado por Baran y Kleinrock se basa en el descubrimiento de que el tráfico generado por computadoras tiene un comportamiento de ráfagas. Debido a ello, establecer un

circuito y cortarlo en cada comunicación es impráctico y antieconómico. La idea, en lugar de establecer y cortar circuitos, consiste en mantener un número limitado de circuitos, permanentemente conectados pero no asignados a una comunicación en particular. Estos circuitos conectan pares de computadoras especiales encargadas exclusivamente del envío y procesamiento de mensajes, los IMP (el equivalente de la época de un router), y estos procesadores de mensajes se conectarían a los hosts. En lugar de reservar un canal físico, cada host debe tener una dirección propia y debe agregar a cada mensaje de datos (paquete) una dirección de destino. Cuando un IMP recibe un paquete, este analiza la dirección de destino y lo envía por uno de los enlaces que lo despacha a otro IMP, siguiendo las instrucciones de una tabla. Eventualmente este mensaje llegará al IMP próximo al host de destino, y será entregado. Cabe aclarar que el tránsito de estos paquetes no reserva el canal usado para conectar dos IMPs, estos pueden usar ese canal para enviar paquetes de distintos hosts, uno atrás de otro por el mismo medio.

Store and forward

El funcionamiento de estos IMPs es distinto al funcionamiento tradicional de conmutación de circuitos. El IMP debe recibir un mensaje por una interfaz, procesarlo y más tarde enviarlo por otra interfaz. Esta forma de actuar es conocida como store and forward, el IMP (o router) recibe y almacena un mensaje (store), para luego procesarlo y despacharlo (forward) y es completamente opuesto a la conmutación de circuitos, ya que estando el circuito asignado, no hay necesidad de guardar la información enviada por un circuito al llegar a un sistema de intercambio.

Modelos de capas

El manejo de una red es un problema complicado, teniendo que cubrir temas desde cómo codificar un bit a técnicas de seguridad. Debido a que un problema tan grande no puede ser tratado todo junto (al menos de forma práctica), se introdujo la idea del stack de protocolos.

Un stack de protocolos consiste en varios protocolos de red, apilados en capas, cada uno resolviendo un problema en particular en donde ninguna de las capas conoce completamente el problema, sino que se especializa en una pequeña parte. La suma de estas pequeñas partes resuelve el problema completo. Un ejemplo de esto es un stack de tres capas, en donde la primera determina cómo se deben codificar los bits de un mensaje, la segunda determina como delimitar un mensaje y le agrega un número de orden, con la tercera proveyendo retransmisión en caso de que las otras capas pierdan un mensaje.

La razón de este approach es que si el problema de enviar mensajes se lo tratara todo de una vez, la cantidad de estados a mantener se incrementaría exponencialmente, lo que requeriría software extremadamente complejo para implementar comunicaciones de una complejidad moderada. Adicionalmente la división en capas provee flexibilidad al diseño, ya que una capa puede ser sustituida por una capa similar con un diseño mejorado, siempre que se respeten ciertas restricciones, como el servicio provisto a la capa superior.

Servicios entre capas

Conceptualmente cada capa se comunica con la contraparte en el host de destino. Para ello utiliza un protocolo el cual define los mensajes a mandar.

En la práctica, esta capa depende de la capa que se encuentra abajo de ella. Aunque conceptualmente el software forma los mensajes y pide su envío al otro lado, este pedido desencadena una serie de pedidos similares en capas inferiores que eventualmente causan que el mensaje sea enviado como bits por el medio físico.

Cada capa puede proveer distintos tipos de servicio a la capa superior. Una capa puede ofrecer

servicio con conexión, el cual verifica que el interlocutor esté presente y dispuesto a recibir, o puede brindar servicio confiable. Los dos servicios más comunes son orientado a conexión y confiable y no orientado a conexión, no confiable.

Ejemplos de stacks

Hoy en día hay dos stacks de protocolo que son referentes importantes: el stack OSI y el stack TCP/IP.

El stack OSI (Open System Interconnect) fue creado con el fin de estandarizar los múltiples stacks presentes en la década de los '70 y '80. OSI cubre siete niveles

- Nivel 1 o físico
- Nivel 2 o de enlace
- Nivel 3 o de red
- Nivel 4 o de transporte
- Nivel 5 o de sesión
- Nivel 6 o de presentación
- Nivel 7 o de aplicación

El nivel 1 describe la parte física del stack. En este nivel se describen los conectores a usar, cómo codificar un bit, niveles de voltage, propiedades del medio y otros detalles relacionados. El objetivo de esta capa es definir todo lo necesario para poder conectar dos sistemas y transferir bits entre ellos.

El nivel 2 describe la forma de crear un paquete, cómo delimitarlo y algunos detalles como establecimiento de las conexiones o control de errores, si fuera necesario.

El nivel 3 habla de cómo un paquete viaja por la red, pasando por nodos intermedios, hasta llegar al destino.

El nivel 4 habla de como el origen y el destino intercambian datos. Es similar en concepto al nivel 2, pero esta conexión ocurre entre nodos no adyacentes.

El nivel 5 es el encargado lidiar con problemas en el nivel 4, se lo puede ver como el encargado de poner checkpoints y recuperarse si la comunicación se interrumpe inesperadamente.

El nivel 6 se encarga de ajustar la representación de datos para lidiar con distintas arquitecturas. Adicionalmente, es el nivel encargado del cifrado y compresión de datos.

El nivel 7 consiste en datos del usuario y no se hace suposición sobre los contenidos.

A pesar de que la idea original era implementar el stack OSI, su gran complejidad impidió su despliegue en la práctica. Puesto que este stack resultó de un compromiso entre varios entes, cada nivel permitía distintos tipos de servicio y especificaba una gran cantidad de directivas a implementar. Eventualmente los intentos de implementación fueron abandonados, pero el stack propiamente dicho quedó como la referencia con la que se miden los otros stacks. Debido a esto, y de que usualmente los niveles de sesión y presentación no son implementados, muchos stacks tienen un salto en la nomenclatura y pasar del nivel 4 al 7.

El stack TCP/IP tuvo un origen completamente distinto al de OSI. En lugar de ser decidido por un comité, ese stack fue creado durante la construcción del software que lo implementaría. En este contexto, para que un concepto fuera admitido, primero debería presentarse código funcionando de dos fuentes distintas. Ese fenómeno, ligado con una idea de mantener los protocolos lo más simple posible logró un stack relativamente simple, y que estaba implementado en la práctica, usualmente

al mismo tiempo o poco después de que se escribieran los estándares.

El stack tiene cuatro capas

- La capa de interfaz de red, usualmente ligada con los niveles 1 y 2 de OSI.
- La capa de red, similar al nivel 3 de OSI.
- La capa de transporte, similar al nivel 4 de OSI.
- La capa de aplicación, equivalente al nivel 7 de OSI.

La capa de interfaz de red, a diferencia de OSI, no especifica detalles de nivel físico y de enlace. Esta capa simplemente especifica como interconectarse con protocolos que la implementan y estandariza números de protocolo a usar y asuntos similares. La razón de esto es que la gente encargada de crear el stack determino, correctamente, que la tecnología de interconexión varía frecuentemente, pero que los conceptos básicos no lo hacen. De esta forma, el stack TCP/IP puede adaptarse a nuevos medios sin grandes problemas. Generalmente los protocolos de estas capas no los hace el organismo que controla el desarrollo de TCP/IP (el IETF), sino que se los delega a organismos más especializados (como el IEEE o la ITU).

Las capas de red y transporte son similares a las capas homólogas en el stack OSI, con la salvedad de que las opciones se ven drásticamente reducidas. En el nivel 3 no hay más de dos protocolos permitidos (IPv4 e IPv6), de los cuales IPv4 es el más común. Ambos protocolos ofrecen un servicio no orientado a conexión y no confiable. En el nivel 4 la selección es un poco más variada, pero los dos protocolos principales son TCP y UDP, dando servicio orientado a conexión y confiable y no orientado a conexión sin confiabilidad, respectivamente. Adicionalmente hay un importante cruce de información entre esas capas, lo que las hace difícil de separar.