

Introducción a las redes

Charles Severance

Traducido por: Fernando Tardío

Créditos

Ilustraciones: Mauro Toselli

Soporte editorial: Sue Blumenberg

Diseño de portada: Aimee Andrion

Traducción al español: Fernando Tardío

Las ilustraciones SketchNote fueron creadas en un iPad usando *Paper* de www.fiftythree.com, con ayuda de un stylus (lápiz óptico). Las ilustraciones han sido convertidas desde PNG a formatos vectoriales SVG y EPS, usando www.vectormagic.com. Los esquemas técnicos del libro se han creado con OmniGraffle.

Historial de impresiones

25-Mayo-2015 Impresión original - CreateSpace

Detalles sobre el copyright

Los derechos de reproducción de este libro pertenecen a Charles R. Severance.

La versión en papel/impresa de este libro ha sido licenciada bajo una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. Se concede permiso específicamente para realizar copias cuando sea necesario de la totalidad o una parte de los materiales de este libro para utilizarlos como parte de un curso o como material para un curso.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>

Las copias electrónicas de este libro en EPUB, PDF, y HTML están protegidas con una licencia Creative Commons Attribution 4.0 International License.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Si estás interesado en traducir este libro a un idioma distinto del inglés, por favor ponte en contacto conmigo. Estoy dispuesto a ceder los derechos de distribución de impresión comercial sobre una traducción seria y completa.

Prefacio

El objetivo de este libro es proporcionar una comprensión básica del diseño técnico y la arquitectura de Internet. El libro está dirigido a todo tipo de lectores – incluso a aquellos que no disponen de ninguna experiencia previa en temas técnicos o sin conocimientos matemáticos. Internet tiene un diseño increíblemente hermoso y este debería ser entendido por cualquiera que lo utilice.

A pesar de que este libro no trata sobre los certificados Network+ ni CCNA, espero que sirva para que los estudiantes interesados en esos certificados dispongan de un buen punto de partida.

Quiero hacer constar mi agradecimiento a Pamela Fox, de la Khan Academy, por haber tenido la idea de realizar un curso de introducción a la tecnología de redes usando materiales libres.

Este texto fue desarrollado inicialmente por mí como material docente para una de las semanas del curso *SI502 - Networked Computing* (Redes Informáticas), que comencé a impartir en el 2008 en la Escuela de Información de la Universidad de Michigan. Posteriormente mejoré y amplié el material hasta cubrir las tres semanas de duración del curso sobre la Historia de Internet, Tecnología y Seguridad (IHTS), que he impartido a más de 100.000 estudiantes en Coursera, desde el año 2012. Este libro añade detalles adicionales para crear un texto independiente, que pueda ser leído por diversión o usado como apoyo en cualquier curso de introducción centrado en la arquitectura de Internet.

Trabajar en este libro ha sido particularmente divertido, ya que se trata de una colaboración con mis amigos Mauro Toselli (@xlontrax) y Sue Blumenberg. Conocí a Mauro y a Sue en 2012, cuando se convirtieron en asistentes técnicos voluntarios de la comunidad (CTAs) de mi curso IHTS en Coursera. A lo largo de los tres últimos años se han convertido en mis amigos y colegas. Se trata de un gran ejemplo sobre cómo la educación abierta puede reunir a la gente.

Existe material de apoyo para este libro en

<http://www.net-intro.com/>

Si te gusta el libro, háznoslo saber. Envíanos un tweet contándonos lo que opinas. Puedes también enviarnos un tweet si encuentras algún error en el libro.

Charles R. Severance (@drchuck)
www.dr-chuck.com

Ann Arbor, MI USA
May 20, 2015

Acerca de la traducción al español

No resulta fácil traducir a otro idioma un libro sobre informática. Hay muchos términos técnicos, y muchas veces surge la duda de si es mejor traducirlos al español o dejarlos en inglés, ya que mucha gente hispanohablante los conoce así. También está el problema de qué traducción concreta utilizar para esos términos, porque en ocasiones hay palabras cuya traducción puede ser diferente en distintos ámbitos geográficos. El ejemplo más obvio es la palabra *computer*, que dependiendo del país puede ser traducido como “computadora”, “computador”, u “ordenador”. En ese caso concreto he optado por utilizar el término común *equipo*, *dispositivo*, o bien *computadora*, que si bien puede no resultar del todo familiar a una parte de los lectores, creo que es el más extendido entre la comunidad hispanohablante.

A lo largo de este libro, siempre que ha sido posible, he intentado utilizar los términos más comunes que he sido capaz de encontrar (o los que yo he estimado que eran más comunes), acompañados a veces por traducciones adicionales alternativas, para dejar claro a qué se refieren. Para ciertos términos técnicos he usado como traducción “oficial” la que se puede encontrar en wikipedia, y generalmente la he acompañado del término original en inglés para evitar confusiones.

Mi intención en todo momento ha sido intentar que la traducción pudiera resultarle útil a cualquier persona hispanohablante, por lo que he tratado siempre de unificar términos y huir de modismos y expresiones locales. Seguramente no lo habré conseguido al 100%, pero me conformo si he conseguido ayudar a salvar la barrera del idioma a cualquier persona interesada en conocer de verdad *cómo funciona Internet*.

Fernando Tardío (@fertardio)

Índice general

Capítulo 1

Introducción

Utilizar Internet es aparentemente bastante fácil. Vamos a una dirección web y obtenemos una página. O podemos ir a nuestra red social favorita y ver las imágenes de nuestros amigos, familias y mascotas. Pero esa aparente simplicidad de Internet implica el uso de un montón de hardware y software complejos. El diseño de las tecnologías que hacen funcionar el Internet actual comenzó en los años 60 del pasado siglo, y transcurrieron más de 20 años de investigación sobre cómo construir tecnologías de redes antes de que el primer “Internet” fuese creado por académicos, a finales de los 80, en un proyecto llamado NSFNet. Desde entonces, la investigación y desarrollo de mejoras en las tecnologías de red ha continuado, a medida que las redes han ido haciéndose más grandes, más rápidas y distribuidas globalmente, con miles de millones de dispositivos.

Para poder comprender mejor cómo funciona el Internet actual, echaremos un vistazo a la forma en la que los humanos y las computadoras se han comunicado usando la tecnología a lo largo de los años.

1.1. Comunicación a distancia

Imagina un grupo de cinco personas en una habitación, sentados en círculo. Si son educados y no mantienen más de una conversación al mismo tiempo, resultará bastante sencillo para cualquiera de ellos hablar con otra persona de la habitación. Tan solo necesitan ser capaces de escucharse entre ellos y coordinar el uso del espacio compartido en la sala.

Pero, ¿qué ocurriría si pusiésemos a esas personas en habitaciones diferentes, de modo que no pudieran verse ni oírse entre ellos? ¿Cómo podrían comunicarse entre sí entonces los componentes de cada pareja? Una posibilidad podría ser tender un cable entre cada pareja, con un micrófono en un extremo y un altavoz en el otro. De ese modo, todos seguirían escuchando las conversaciones de los demás. Así que seguiría siendo necesario mantener el orden, para asegurarse de que no se produjera más de una conversación al mismo tiempo.

Cada persona necesitaría cuatro altavoces (uno para cada una de las otras personas), y trozos de cable suficientes como para conectar todos los micrófonos y altavoces. Eso puede llegar a ser un problema con cinco individuos, y se vuelve mucho más grave cuando hay cientos o miles de personas implicadas.

Los antiguos teléfonos de principios del siglo XX usaban precisamente hilos, micrófonos y altavoces para permitir a la gente hacer llamadas. Como no se podía tener cables independientes para conectar cada par de teléfonos, esos sistemas no permitían a todas las personas estar conectados entre sí al mismo tiempo. Cada persona tenía una única conexión con un “operador” humano. El operador conectaba dos hilos juntos para permitir a una pareja de personas hablar, y luego los desconectaba, una vez finalizada la conversación.

Los primeros sistemas de teléfono locales funcionaban bien cuando la casa de un cliente o su negocio estaban cerca del edificio del operador y se podía tender directamente un cable desde el edificio del operador hasta la casa de esa persona.

Pero, ¿qué ocurre cuando miles de personas, separados por cientos de kilómetros, necesitan comunicarse? No podemos tender 100 kilómetros de cable desde cada casa hasta una única oficina central. En vez de eso, lo que hicieron las compañías telefónicas fue tener muchas oficinas centrales y tender unos pocos cables entre esas oficinas, compartiendo así las conexiones entre ellas. En el caso de comunicaciones de larga distancia, una conexión podía pasar a través de varias de esas oficinas centrales. Antes de la llegada de la fibra óptica, las llamadas telefónicas a larga distancia eran transportadas de una ciudad a otra mediante postes con montones de cables separados. El número de cables de esos postes representaba el número de llamadas telefónicas de larga distancia simultáneas que podían llevarse a cabo usando esos hilos.

Como el precio de las instalaciones iba aumentando a medida que lo hacía la longitud del cable necesario, estas conexiones más lar-

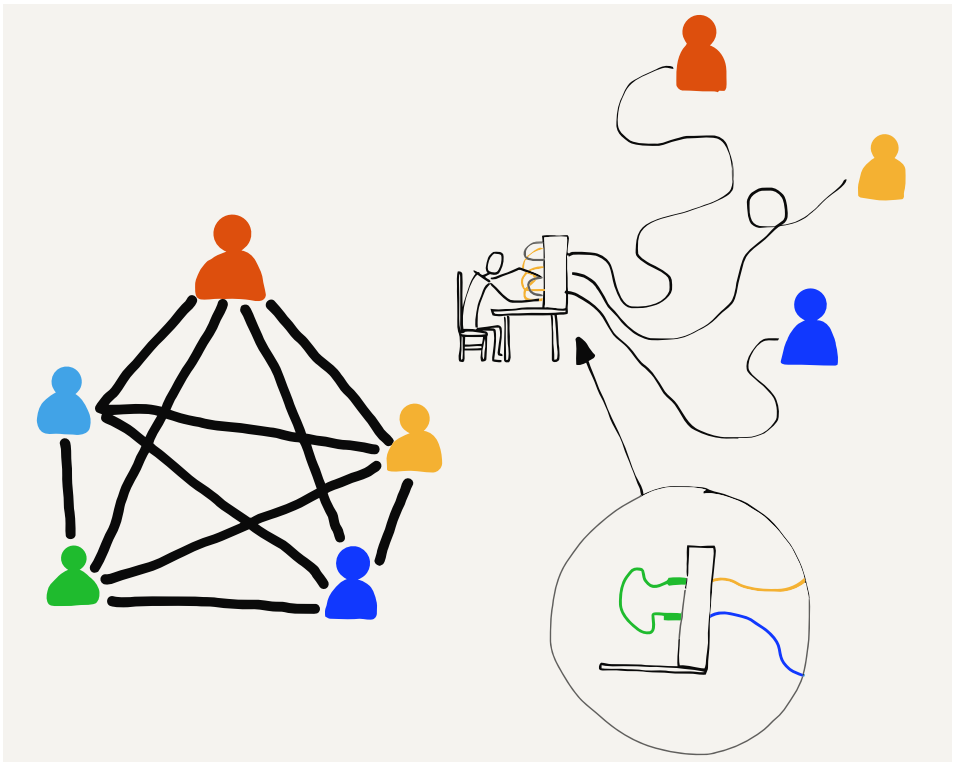


Figura 1.1: Conexión a través de operadores telefónicos



Figura 1.2: Postes de teléfono para larga distancia

gas entre oficinas eran bastante caras de instalar y mantener, de modo que escaseaban. Así que en los primeros días de la telefonía, las llamadas locales eran generalmente bastante baratas. Pero las llamadas de larga distancia eran más caras y se cobraba por minutos. Esto resultaba lógico, ya que cada minuto que alguien conversaba a través de una llamada de este tipo, mantenía ocupados los cables de larga distancia, lo cual significaba que nadie más podía usarlos. Las compañías de teléfono buscaban que se hicieran llamadas cortas, para que sus líneas de larga distancia pudieran estar disponibles para otros clientes.

Cuando las compañías de teléfono comenzaron a usar la fibra óptica, empezaron también a utilizar técnicas más avanzadas para transportar muchas conversaciones de larga distancia simultáneamente a través de un único cable de fibra. Cuando en una foto antigua veas montones de cables en un único poste, generalmente eso significa que se trata de cables telefónicos, y no de los que se usan para transportar electricidad.

1.2. Las computadoras se comunican de forma diferente

Cuando los humanos hablan por teléfono, realizan una llamada, hablan durante un rato, y finalmente cuelgan. Según las estadísticas, la mayor parte del tiempo los humanos no están hablando por teléfono. Al menos, no lo hacían antes de que todo el mundo tuviera smartphones. Pero las computadoras, incluyendo las aplicaciones de tu smartphone, se comunican de forma diferente a los humanos. Algunas veces, las computadoras envían mensajes cortos para comprobar si otro equipo está disponible. Otras veces envían información de tamaño medio, como una única foto o un mensaje de correo grande. Y otras, las computadoras envían un montón de información, como una película entera o un programa para instalar, que puede llevar minutos o incluso horas descargar. De modo que los mensajes entre computadoras pueden ser breves, medios, o extensos.

Cuando se empezaron a conectar unas computadoras con otras, cada una se conectaba con su pareja mediante cables. El modo más sencillo de enviar datos desde un equipo hasta el otro era organizar los mensajes salientes en una cola, y enviar a continuación esos mensajes uno detrás del otro, tan rápido como el equipo y los cables podían transmitir los datos. Cada mensaje debía esperar su turno, hasta que el mensaje previo había sido enviado, y

solo entonces tenía su oportunidad para transitar a través de la conexión.

Cuando los equipos estaban en el mismo edificio, su propietario podía tender cables para conectarlos entre si. Si los equipos estaban en la misma ciudad, su propietario generalmente tenía que arrendar cables a las compañías telefónicas para conectar sus máquinas. A menudo lo único que se necesitaba era que esas compañías telefónicas conectaran los cables juntos en su oficina central, de modo que no fuera necesario que cada equipo “marcara” el número del otro para poder enviarle datos. Esas líneas arrendadas eran cómodas para la comunicación entre equipos, dado que estaban “siempre activas”, pero eran también bastante caras, ya que permanecían ocupadas durante las 24 horas del día.

Cuando los equipos estaban aún más lejos, en ciudades diferentes, las líneas arrendadas se extendían usando los cables más largos que conectaban las oficinas centrales. Dado que había pocos cables entre esas oficinas, las líneas de larga distancia arrendadas resultaban bastante caras, y su coste crecía dramáticamente conforme aumentaba la longitud de la línea necesaria. Pero si se disponía de dinero suficiente, se podían arrendar conexiones directas entre equipos, para que pudieran intercambiar datos. Esto funcionaba bastante bien siempre que se utilizase el mismo tipo de computadoras, porque cada marca tenía su propio modo de usar los cables telefónicos para conectar sus equipos y enviar datos entre ellos.

1.3. Primeras redes de área amplia de almacenamiento-y-reenvío

En los años 70 y 80 del pasado siglo, la gente que trabajaba en universidades de todo el mundo deseaba enviar datos y mensajes a otros colegas, usando esas conexiones entre equipos. Dado que el coste de cada conexión era tan alto y que aumentaba con la distancia, las computadoras generalmente solo tenían conexiones con otros equipos cercanos. Pero si la computadora con la que estabas conectado estaba conectado con otra, y esa a su vez con otra, y así sucesivamente, podías envías un mensaje a larga distancia, tan lejos como quisieras, siempre que las computadoras a lo largo de la ruta del mensaje aceptasen almacenarlo y reenviarlo al siguiente equipo.

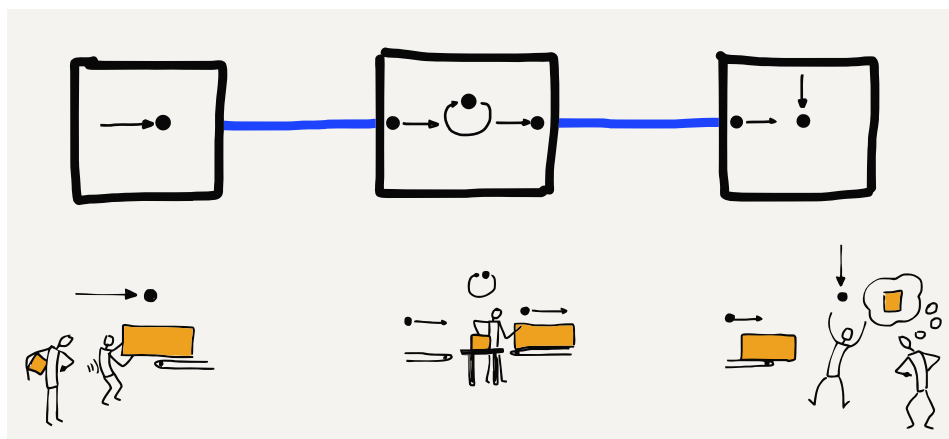


Figura 1.3: Redes de almacenamiento-y-reenvío

Con el paso del tiempo, empezó a ser posible enviar datos a larga distancia con relativamente pocas conexiones, usando un mosaico de conexiones de redes, y siempre que se tuviera suficiente paciencia. Durante ese viaje, cuando el mensaje llegaba a una computadora, debía esperar hasta que le llegaba el turno para ser enviado al siguiente equipo a lo largo de la ruta. Un mensaje podía llegar a un equipo intermedio, ser almacenado durante un rato (que podían ser horas, dependiendo del tráfico), y luego ser reenviado a la siguiente conexión (o “salto” - *hop*).

Al usar esta forma de enviar los mensajes completos y de uno en uno, podían pasar minutos, horas, o incluso días hasta que un mensaje alcanzaba su destino final, dependiendo del tráfico que encontrase en cada uno de sus saltos. Pero incluso si un correo electrónico necesitaba unas cuantas horas para recorrer su camino desde una parte del país hasta la otra, eso resultaba aún mucho más rápido y práctico que enviar una carta o una tarjeta postal.

1.4. Paquetes y routers

La innovación más importante, que permitió a los mensajes desplazarse más rápido a través de una red multi-salto, fue la división de cada mensaje en fragmentos más pequeños, y el envío posterior de cada fragmento de forma individual. En términos de red, estos trozos de mensaje se llaman “paquetes”. La idea de dividir un mensaje en paquetes se ideó en los años 60, pero no fue ampliamente utilizada hasta la década de los 80, dado que

requería más capacidad de cálculo y software de red más sofisticado.

Cuando los mensajes se dividen en paquetes y luego son enviados de forma individual, si se quiere enviar un mensaje corto una vez que ha comenzado a procesarse uno largo, el corto no tiene que esperar hasta que el largo ha terminado de enviarse completo. El primer paquete del mensaje corto solo tiene que esperar hasta que termina de procesarse el paquete en curso del mensaje extenso. El sistema va alternando el envío de paquetes del mensaje corto y del largo, hasta que al cabo de un tiempo se termina el envío del mensaje corto, y a partir de ese momento el mensaje más extenso continúa haciendo uso de toda la conexión de red.

Dividir el mensaje en paquetes tiene también la ventaja de reducir significativamente la cantidad de espacio de almacenamiento necesario en los equipos intermedios, ya que en lugar de necesitar guardar un mensaje entero durante unas cuantas horas, el equipo intermedio tan solo necesita almacenar unos pocos paquetes durante algunos segundos, mientras esos paquetes esperan su turno en la cola de salida.

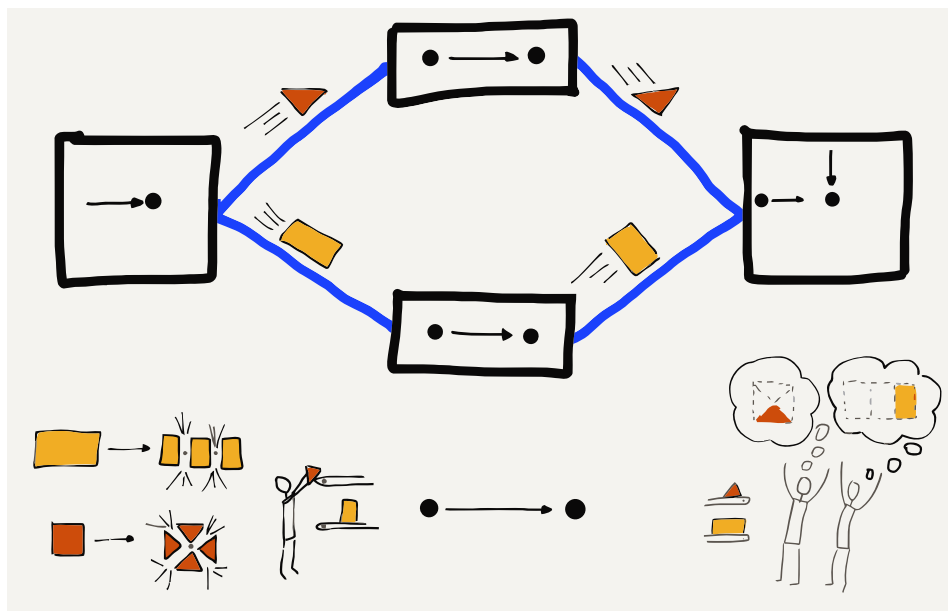


Figura 1.4: Envío de paquetes

A medida que las redes iban transformándose desde el antiguo sistema de almacenamiento-y-reenvío, se empezaron a incluir equipos con funciones especiales, especializados en el movimiento de paquetes. Éstos fueron llamados inicialmente “Interfaces de

Procesamiento de Mensajes” (o “IMPs” por sus siglas en inglés, *Interface Message Processing*), ya que actuaban como un interfaz o punto de interconexión entre las computadoras normales y el resto de la red. Más adelante, esos equipos dedicados a las comunicaciones recibieron el nombre de “routers” (enrutadores o encaminadores), dado que su propósito era encaminar (enrutar) los paquetes que recibían hacia su destino final.

Al disponer de routers especializados en el movimiento de paquetes a través de múltiples saltos, se hizo más sencillo conectar computadoras de distintas marcas en la misma red. Para conectar cualquier equipo a la red, ahora ya tan solo se necesitaba conectarlo a un router y a partir de ahí el resto de los detalles de la comunicación eran gestionados por los otros routers.

Cuando se conectan entre sí varios equipos en una misma ubicación, mediante el uso de cables físicos, formando una “Red de Área Local” (o LAN por sus siglas en inglés, *Local Area Network*), se necesita conectar también un router a esa red. Al enviar los datos a través de ese router, todos los equipos en la red de área local pueden transferir datos también a través de la “Red de Área Amplia” (o WAN por sus siglas en inglés, *Wide Area Network*).

1.5. Direccionamiento y paquetes

En las primeras redes de almacenamiento-y-reenvío, era importante conocer la computadora de origen y de destino para cada mensaje. Cada equipo disponía de un nombre único o un número que constituía la “dirección” de esa computadora. Para enviar un mensaje a otro equipo, era necesario añadir las direcciones de origen y destino al mensaje antes de enviarlo a través de su ruta. Al disponer de las direcciones de origen y de destino para cada mensaje, los equipos que almacenaban y enviaban esos mensajes eran capaces de elegir el mejor camino para cada uno de ellos, en aquellos casos es los que había más de una ruta disponible.

Cuando un mensaje extenso era dividido en paquetes más pequeños y cada paquete se enviaba de forma individual, las direcciones de origen y de destino debían añadirse en cada uno de los paquetes, de modo que los routers pudieran elegir el mejor camino para reenviar cada paquete del mensaje. Además de las direcciones de origen y destino, era necesario también añadir datos en cada paquete indicando el “offset”, o posición del paquete dentro del mensaje completo, de modo que la computadora que

lo recibiera pudiera volver a juntar los paquetes en el orden correcto para reconstruir el mensaje original.

1.6. Juntando todo

Si combinamos todo lo que hemos visto hasta ahora, podremos entender el funcionamiento básico del Internet actual. Disponemos de equipos especializados, llamados “routers” o “enrutadores”, que saben cómo dirigir los paquetes a través de un camino desde un origen hasta un destino. Cada paquete pasará a través de múltiples routers durante su viaje desde el equipo de origen hasta alcanzar el de destino.

A pesar de que los paquetes pueden ser partes de un mensaje más grande, los routers reenvían cada paquete de forma separada, en base a sus direcciones de origen y destino. Paquetes diferentes de un mismo mensaje pueden seguir rutas distintas desde el origen hasta el destino. Y algunas veces los paquetes llegarán incluso desordenados; un paquete enviado más tarde puede llegar antes que uno anterior, quizá por un “embotellamiento” en el tráfico de datos. Cada paquete contiene un “offset” (identificador de posición) respecto al comienzo del mensaje, de modo que la computadora de destino pueda reensamblar los paquetes en el orden adecuado para reconstruir el mensaje original.

Al crear una red usando múltiples saltos cortos, el coste total de la comunicación a través de un área geográfica extensa puede repartirse entre un gran número de grupos de conexión e individuos. Normalmente, los paquetes encontrarán la ruta más corta entre el origen y el destino, pero si un enlace o un camino estuviera sobrecargado o bloqueado, los routers podrían cooperar y reorganizar el tráfico para usar caminos ligeramente más largos, que trasladarían los paquetes desde el origen hasta el destino lo más rápido posible.

El núcleo de Internet es un conjunto de routers cooperando, que mueven paquetes desde múltiples orígenes hasta múltiples destinos al mismo tiempo. Cada equipo o área de red local está conectado a un router que reenvía el tráfico desde su ubicación hasta los distintos destinos de Internet. Un router puede gestionar datos de un equipo individual, como un smartphone, de varios equipos en el mismo edificio, o de miles de equipos conectados a una red de un campus universitario. El término “Internet” proviene de la idea de “interconectar”, que capta el concepto de conectar muchas redes entre sí. Nuestros equipos se conectan a redes locales,



Figura 1.5: Conexión alrededor del mundo

e Internet conecta las redes locales entre sí para que nuestros equipos puedan comunicarse con todos los demás.

1.7. Glosario

dirección: Un número que es asignado a un dispositivo, para que los mensajes puedan ser enviados hasta él.

LAN: Local Area Network (Red de Área Local). Una red que cubre un área que está limitado por la capacidad de una organización para tender cables o la potencia de un emisor de radio.

línea arrendada (o dedicada): Una conexión “siempre activa” que una organización alquila a una compañía telefónica o a otra empresa para enviar datos a través de largas distancias.

operador (telefónico): Una persona que trabaja en una compañía telefónica y ayuda a la gente a realizar llamadas por teléfono.

paquete: Un fragmento de tamaño limitado de un mensaje extenso. Los mensajes extensos o archivos son divididos en muchos paquetes y enviados a través de Internet. El tamaño máximo habitual de los paquetes suele estar entre los 1000 y los 3000 caracteres.