

As telecomunicacións

Manuel J.
Fernández Iglesias



Esenciais

Breviarios de divulgación do saber

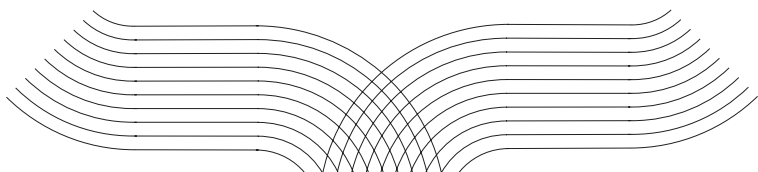


Manuel José Fernández Iglesias é Doutor Enxeñeiro de Telecomunicación (1997) pola Universidade de Vigo. Desde 1990 é profesor na Escola de Enxeñaría de Telecomunicación de Vigo. Ten máis dun centenar de publicacións internacionais no ámbito das telecomunicacións, e participa regularmente en proxectos internacionais con empresas e institucións. Entre 2005 e 2009 interrompe esa dedicación para incorporarse á administración galega como Director Xeneral de Comunicación Audiovisual e ao operador de telecomunicacións Retegal SA como

Conselleiro Delegado para dirixir o proceso de transición á Televisión Dixital en Galicia. A súa actividade investigadora céntrase nos servizos avanzados para a atención das persoas maiores e as persoas dependentes.

Servizo de Publicacións

Universidade de Vigo



Esenciais

Breviarios de divulgación do saber

n.º 07

Edición

Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo
Edificio da Biblioteca Central
Campus de Vigo, 36310

Director da colección

Jorge Luis Bueno Alonso

Consello asesor científico da colección

Marta García González, Benigno Fernández Salgado, Enrique J. Varela,
Ignacio Pérez Juste, Marta Pérez Rodríguez, Ana María Bernabeu Tello

Deseño de portada

Tania Sueiro
Área de Imaxe da Universidade de Vigo
Vicerreitoría de Comunicación e Relacións Institucionais

Fotografía de portada

Adobe Stock

Maquetación e impresión

Andavira Editora, S. L.

ISBN (libro impreso)

978-84-8158-943-6

DL

VG 434-2022

© Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo, 2022

© Manuel J. Fernández Iglesias

Reservados todos os dereitos. Nin a totalidade nin parte deste libro pode reproducirse ou transmitirse por ningún procedemento electrónico ou mecánico, incluídos fotocopia, gravación magnética ou calquera almacenamento de información e sistema de recuperación sen o permiso escrito do Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo.

Esta editorial é membro da , o que garante a difusión e a comercialización das súas publicacións a nivel nacional e internacional.

Servizo de Publicacións

Universidade de Vigo

Este volume publícase co financiamento da



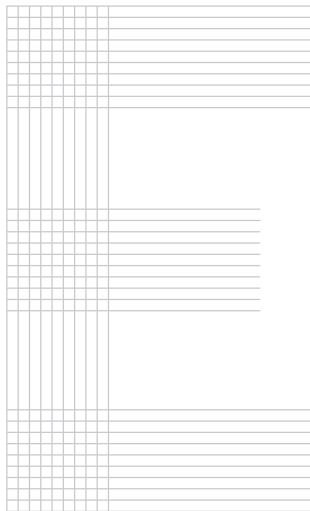
**XUNTA
DE GALICIA**



Esenciais

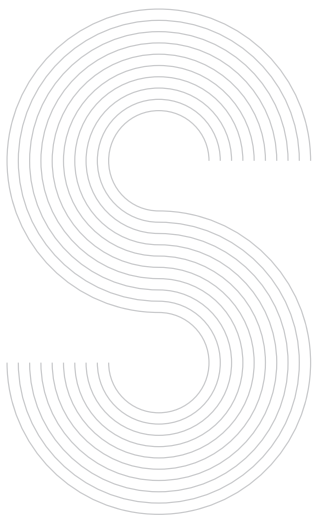
Breviarios de divulgación do saber

Esta colección pretende ofrecerlle ao público xeral unha serie de pequenas e concisas introducións aos temas básicos do coñecemento das mans das persoas expertas que ten a UVigo capaces de sintetizar dun xeito rigoroso, mais sinxelo e divulgativo, as discusións centrais dos temas xerais dun eido concreto. Unha combinación que presenta feitos, análises, novas ideas e aspectos esenciais. Independentemente da área de estudo, e do concepto que se vai definir, a serie presentará libros de pequeno formato aos que poida achegarse o público lector, tanto especializado coma non especializado, para ter un primeiro contacto informado e ameno cos temas que nos preocupan.



As telecomunicacións

Manuel J. Fernández Iglesias



Índice

Prefacio	9
Capítulo 1	
Introdución. Conceptos básicos	15
1.1. Estrutura básica dun sistema de telecomunicación	15
1.2. Comunicacóns analóxicas e dixitais	17
1.3. As canles de comunicacón	18
1.4. Sistemas de acceso múltiple	18
1.5. A modulacón dos sinais	20
1.6. Modelo en capas para as redes de telecomunicacón	20
Capítulo 2	
Infraestruturas de telecomunicacón	23
2.1. Rede de telefonía fixa	24
2.2. Redes de radiodifusión	29
2.3. Rede celular para comunicacóns móbiles.....	31
2.4. Redes de fibra óptica	35
2.5. Redes de área local.....	38
2.6. Interconexión de redes de datos.....	41
Capítulo 3	
Servizos e aplicacións	45
3.1. Televisión dixital.....	46
3.2. Telefonía móbil	53

3.3. Aplicacións e servizos de internet	59
3.3.1. O correo electrónico	60
3.3.2. A web.	61
3.3.3. O comercio electrónico	63
3.3.4. Os servizos de transmisión libre	66
3.3.5. Os intercambios <i>peer-to-peer</i>	67
3.3.6. A computación na nube	70
3.3.7. As cadeas de bloques	73
3.3.8. O metaverso.	78
3.4. A Internet das cousas	81
3.5. A cuarta revolución industrial.	83

Capítulo 4

Recapitulación	87
-----------------------------	----

Glosario de termos	93
Listaxe de siglas	103
Para saber máis	115

Prefacio

O 17 de maio de 1863 publicábase en Vigo a obra *Cantares gallegos* de Rosalía de Castro, publicación que marcaría o inicio do Rexurdimento, o renacemento social, literario e intelectual de Galicia tras os Séculos Escuros.

Na mesma data, dous anos máis tarde, o 17 de maio de 1865, asínase o primeiro Convenio Telegráfico Internacional e créase a Unión Internacional das Telecomunicacións. Trátase da primeira vez na historia na que un grupo importante de países, España entre eles, se pon de acordo, independentemente das súas alianzas e estratexias políticas, para colaborar no desenvolvemento dunhas tecnoloxías que demostraron ser fundamentais para o avance das sociedades modernas.

Este primeiro convenio internacional, de ámbito estritamente técnico, garantía a interoperabilidade dos sistemas en diferentes países e o acceso internacional ao servizo telegráfico, tras pagar a tarifa correspondente só no país de orixe da comunicación. Tamén garantía o segredo das comunicacións, aínda que se especificaba que os gobernos eran as únicas entidades autorizadas para enviar mensaxes cifradas.

O telégrafo xa chegara a Galicia uns anos antes, en 1858, coa entrega e coa posta en funcionamento da liña telegráfica do noroeste. Galicia tivo un importante papel no desenvolvemento internacional do telégrafo, e Vigo converteuse nun nodo importante da rede de cables submarinos. En 1873, a compañía británica Eastern Telegraph Company comezou a operar o cable entre Porthcurno (Cornualles) e Vigo. En 1896 a compañía alemá Deutscher Atlantische Telegraphengesellschaft facía o mesmo cun cable entre Vigo e Emden.

Os avances nas telecomunicacións iranse producindo de maneira continua como consecuencia dos avances científico-tecnolóxicos e das crecentes demandas de comunicación da sociedade. Ningún país do mundo será alleo a estes. Galicia, nalgunhas ocasións, gozará do seu desenvolvemento con certo atraso debido á súa situación periférica, lonxe dos centros financeiros e económicos. En calquera caso, os fitos máis significativos das telecomunicacións galegas pódennos servir para facernos unha idea do rápido que avanzaron estas tecnoloxías e do seu impacto na sociedade.

En 1897 a revista *Galicia Moderna* facíase eco da instalación en Vigo do primeiro teléfono privado de Galicia e, en 1905, a *Revista Galega* documentaba a posta en funcionamento da primeira liña telefónica interurbana de Galicia, que conectaría A Coruña con Ferrol e con Santiago de Compostela.

En 1933 comezan as emisións regulares de Radio Galicia en Santiago de Compostela, vinculadas á difusión do primeiro Estatuto de autonomía de Galicia. Os nacionalistas galegos Ramón Otero Pedrayo, Vicente Risco, Alfonso Rodríguez Castelao e Valentín Paz Andrade pronuncian discursos para dar a coñecer o contido do estatuto.

En 1940, en plena segunda guerra mundial, desenvólvese en Galicia o sistema de radiolocalización Elektra-Sonne en Cospeito (Lugo). Este sistema sería o precursor do GPS e estaría en funcionamento, co nome de Consol, ata os anos oitenta do século pasado. A figura 1 amosa unha das tres antenas do transmisor de Cospeito.

O 1 de setembro de 1961 inaugúrase o primeiro centro emisor de televisión en Galicia no monte Pedroso de Santiago de Compostela. A televisión chega a Galicia uns cinco anos despois das primeiras emisións en Madrid e en Barcelona.

[Figura 1. Unha das tres antenas do sistema de radiolocalización Consol en Cospeito. As antenas estaban distanciadas uns 3 km entre si e cada unha tiña unha altura de 110 m.]



En 1979 ponse en marcha o proxecto Telegal (teleensinanza en Galicia). Para iso utilizáronse os equipos TESYS de Telefónica, pioneiros no ámbito da conmutación de paquetes para a transmisión de datos.

En 1985 comezan as emisións da Televisión de Galicia como consecuencia da aprobación da chamada Lei da terceira canle en decembro de 1983, que regulaba as canles autonómicas. Chamouse así porque antes dela só emitían legalmente dúas canles, as dúas públicas:

a primeira e segunda canle de Televisión Española. As televisións autonómicas vasca e catalá comezaron as súas emisións en decembro de 1982 e en abril de 1983, respectivamente.

En 1990 púxose en marcha o servizo de telefonía móbil analóxica MoviLine e en 1995 chega ás capitais galegas o servizo de telefonía móbil dixital GSM da man de Telefónica Móviles. Uns meses máis tarde, en outubro dese mesmo ano, faríao Airtel. Coa licenza de Airtel chegaría, ademais, a liberalización efectiva das telecomunicacións, ata entón en mans exclusivamente públicas. En 1999 concedéuselle unha terceira licenza a Amena. O primeiro servizo de telefonía móbil celular automático, instaurado en 1979, estivo dispoñible unicamente en Madrid e en Barcelona e nunca chegou a Galicia.

En 1999 comeza as súas actividades o primeiro operador de telecomunicacións galego, R, coa súa rede de cable de tecnoloxía híbrida de fibra óptica e cable coaxial.

A principios do ano 2000, Telefónica e o Ministerio de Fomento chegan a un acordo para aprobar a tarifa plana de acceso a internet en España, utilizando a tecnoloxía ADSL.

En 2008 prodúcese o primeiro apagamento da televisión analóxica en España, e un dos primeiros no mundo, no concello da Fonsagrada.

Na noite do 30 de setembro ao 1 de outubro de 2020 complétase a reorganización das canles de televisión na banda de UHF en Ourense e en Pontevedra. Con iso complétase a liberalización do dividendo dixital en Galicia iniciada en 2015 e facilítase a ampliación da cobertura e da capacidade das redes de telefonía móbil celular.

O 21 de abril de 2024 está previsto o peche de centrais ADSL de Vigo-Calvario e Vigo-Castro, co que se completará a extinción do ADSL en Galicia e do bucle de abonado de cobre. O acceso a internet será posible a través de fibra óptica ou de tecnoloxías sen fíos como a rede celular de telefonía móbil ou da rede satelital.

Neste libro pretendemos ofrecer unha panorámica das telecomunicacións, centrándonos nos aspectos máis relevantes no momento actual. Para iso comezamos no capítulo 1 presentando os conceptos fundamentais destas tecnoloxías, para culminar esta presentación cun modelo de referencia en capas que nos permitirá descubrir as

relacións entre os diferentes conceptos, tecnoloxías e servizos descritos neste texto.

Unha vez asentadas as nocións básicas, dedicamos o capítulo 2 a describir as infraestruturas de telecomunicacións máis utilizadas na actualidade, a rede telefónica fixa, as redes de radiodifusión, a rede celular de comunicacións móbiles e as redes de fibra óptica, así como a describir como se interconectan as diferentes infraestruturas de telecomunicación para configurar unha rede global.

No capítulo 3 presentamos os tres servizos de telecomunicación máis populares nestes momentos: a televisión dixital, os servizos de telefonía móbil e os servizos sobre internet. De entre os múltiples servizos que foron aparecendo e desaparecendo a través dos anos dende o nacemento de internet, seleccionamos os que consideramos máis significativos para incluír nesta panorámica, pola súa popularidade, a súa relevancia técnica e o seu impacto: o correo electrónico, a web, o comercio electrónico, os servizos de transmisión libre, as comunicacións *peer-to-peer*, as cadeas de bloques ou *blockchains* e o metaverso.

Ademais destes servizos, presentamos a Internet das cousas e a Industria 4.0, quizais os avances tecnolóxicos máis importantes que está a vivir a nosa sociedade, avances que serían imposibles sen os avances en infraestruturas de telecomunicación.

O capítulo 4 tenta ofrecer unha recapitulación dos contidos do resto do libro, así como, a modo de reflexión final, identificar as tendencias máis importantes en materia de telecomunicacións para o futuro máis inmediato.

Finalmente, completamos este manual cun glosario que recolle os termos do ámbito das telecomunicacións máis importantes e cunha listaxe de acrónimos. Este glosario, escrito para o gran público, pódese utilizar como un prontuario de referencia básica en materia de telecomunicacións.

Capítulo 1

Introdución. Conceptos básicos

A telecomunicación consiste na transmisión e no intercambio de información a distancia utilizando medios electromagnéticos, por exemplo ondas de radio, sinais eléctricos a través dun cable ou pulsos de luz confinados nunha fibra óptica. A Unión Internacional de Telecomunicacións define a telecomunicación como «calquera transmisión, emisión ou recepción de signos, sinais, escritos, imaxes e sons ou intelixencia de calquera natureza a través de sistemas de cable, radio, ópticos ou outros sistemas electromagnéticos». A telecomunicación é, por tanto, toda comunicación que utiliza sinais electromagnéticos para intercambiar información entre emisor e destinatario.

As tecnoloxías de telecomunicación actuais pódense clasificar en dous grandes grupos: as que utilizan un medio físico, como o cable ou a fibra óptica, e as que usan ondas radioeléctricas no espazo libre, é dicir, as telecomunicacións sen fíos.

1.1. Estrutura básica dun sistema de telecomunicación

Independentemente do medio de transmisión utilizado, calquera sistema de telecomunicacións consta de tres elementos principais:

- Un transmisor, que toma a información do emisor e convértea nun sinal electromagnético.

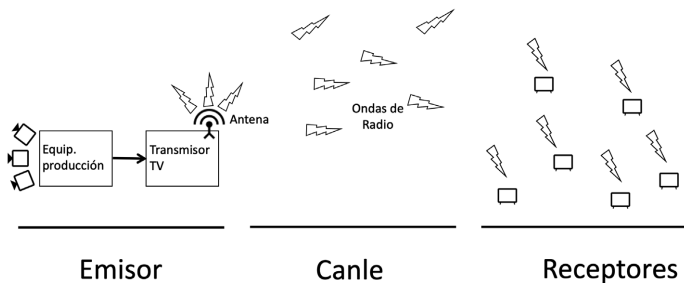
- Un medio de transmisión, tamén chamado canle física, que transporta o sinal: un cable, unha fibra óptica, a atmosfera, o espazo libre...
- Un receptor, que toma o sinal electromagnético do medio de transmisión e convérteo en información utilizable para o destinatario.

O transmisor contén, á súa vez, elementos para converter e adaptar a información do emisor/a para ser transmitida pola canle física ou como ondas pola atmosfera ou o espazo. Do mesmo xeito, o receptor contén elementos para converter os sinais que circulan polo medio de transmisión de maneira que poidan ser consumidos polo destinatario.

Podemos poñer, como exemplo, as transmisións de sinais de televisión nunha emisora de televisión da figura 1.1. Nos estudos da emisora, tómanse imaxes e son utilizando cámaras de televisión. As cámaras de televisión transforman as imaxes e o son en sinais electromagnéticos. O transmisor da emisora codifica e amplifica eses sinais para inxectalos nunha antena. A antena de emisión transmite os sinais a través do espazo libre, que neste caso é o medio de transmisión. A antena do noso televisor é a interface entre o medio e os circuítos que se encargan de converter os sinais de televisión para a súa presentación na pantalla. O televisor fai as funcións de receptor.

Os sistemas de telecomunicación poden ser bidireccionais ou unidireccionais. Os sistemas bidireccionais, tamén chamados dúplex, integran un transmisor e un receptor que permite enviar e recibir información de maneira simultánea. Nestes sistemas, ao transmisor e receptor integrados adóitaselles denominar transceptor. Por exemplo, un teléfono ou unha televisión intelixentes son sistemas bidireccionais. Por outra banda, os sistemas unidireccionais permiten a transmisión de información nun único sentido, do transmisor ao receptor. Por exemplo, a radio dun coche ou un receptor de televisión dixital terrestre (TDT) son sistemas unidireccionais.

[Figura 1.1. Exemplo de sistema de telecomunicación: transmisión de sinais de televisión]



1.2. Comunicacions analóxicas e dixitais

A información transmitida por un sistema de telecomunicación pode transmitirse mediante sinais analóxicos ou dixitais, polo que podemos falar de sistemas de comunicación analóxicos e sistemas de comunicación dixitais. Nun sinal analóxico, a información codifícase variando o citado sinal continuamente en función das variacións da información orixinal. Nun sinal dixital, a información codifícase como un conxunto de valores individuais que dependen das variacións da información medidas en momentos concretos do tempo. Estes valores codifícanse, á súa vez, en binario, como secuencias de uns e ceros.

Nun sistema analóxico, a información transportada polos sinais vézase inevitablemente degradada pola atenuación e pola perda de calidade consecuencia do medio de transmisión. Por outra banda, nun sistema dixital, a menos que a perturbación da canle sexa moi importante, a información contida nos sinais dixitais pode rexenerarse sen perda de calidade, o cal é unha vantaxe clave dos sinais dixitais fronte aos analóxicos. Con todo, os sistemas dixitais fallan catastróficamente cando o ruído supera a capacidade de autocorrección do sistema. Doutra banda, podería dicirse que os sistemas analóxicos

fallan de forma elegante, xa que o sinal se degrada progresivamente, pero segue sendo utilizable se a degradación non é moi acusada.

1.3. As canles de comunicación

Chamamos canle ao medio de transmisión que transporta un sinal entre o emisor e o receptor. A telecomunicación a través de canles predeterminadas (p. ex., a través dun único tramo de fibra óptica ou dunha canle de radio concreta) denomínase comunicación punto a punto porque se realiza entre un único transmisor e un único receptor conectados aos dous extremos da devandita canle fixa.

A telecomunicación desde un emisor a unha multitude de destinatarios denomínase difusión. Cando esta comunicación se realiza a través dunha rede composta por un conxunto de nodos conectados entre si denomínase multidifusión, mentres que cando se realiza a través de emisións de radio no espazo libre ou na atmosfera, entre un transmisor potente e numerosos receptores de radio de baixa potencia e alta sensibilidade, para ser capaces de detectar sinais moi débiles, denomínase radiodifusión. Cando temos unha transmisión por radio, os sinais emitidos debilítanse moi rapidamente coa distancia.

1.4. Sistemas de acceso múltiple

Os sistemas de telecomunicación nos que múltiples transmisores e receptores comparten a mesma canle física denomínanse sistemas múltiplex. Compartir as canles físicas mediante a multiplexación permite, en moitos casos, unha redución importante dos custos.

O termo canle ten dous significados diferentes no mundo das telecomunicacións. Por unha banda, como vimos, a canle é o medio de transmisión que transporta un sinal entre o emisor e o receptor. Por outra, unha canle sería cada unha das subdivisións do medio de transmisión para que poida ser utilizado para enviar múltiples fluxos de información simultaneamente nun sistema múltiplex. Por exemplo, varias emisoras de radio poden emitir ondas de radio simultaneamente, utilizando frecuencias diferentes, denominadas frecuencias portadoras. Logo, nós podemos seleccionar unha desas emisoras sintonizando a radio do noso coche coa frecuencia portadora da emisora que nos interesa.

No exemplo anterior, a canle, que é o espazo libre, divídese en canles de comunicación de diferentes frecuencias. Este sistema de división do medio en canles segundo a frecuencia denomínase multiplexación por división de frecuencia. Outro termo para o mesmo concepto é multiplexación por división de lonxitude de onda, que se utiliza máis comunmente nas comunicacións ópticas cando varios transmisores comparten a mesma fibra.

Outra forma de dividir un medio de comunicación en canles é asignarlle a cada emisor un intervalo de tempo de maneira periódica, por exemplo 10 milisegundos durante cada segundo. Cada emisor poderá transmitir información exclusivamente dentro do intervalo de tempo que se lle asignou. Este método de división do medio en canles de comunicación denomínase multiplexación por división no tempo e utilízase de maneira habitual na comunicación por fibra óptica.

No caso das comunicacións dixitais, tamén é habitual dividir o medio en canles de comunicación asignándolle diferentes códigos a cada emisor para codificar a información. Logo, un receptor interesado nun emisor concreto utilizará os códigos dese emisor para extraer a información da canle de transmisión compartida. Esta maneira de compartir a canle denomínase multiplexación por división do código, e é o utilizado por exemplo polas redes wifi.

Podemos comparar o acceso múltiple ou multiplexación nos sistemas de telecomunicación cunha sala na que varias persoas desexan falar entre si simultaneamente. Para evitar a confusión, as persoas poderían definir quendas para falar, co cal teríamos un sistema de conversación múltiple por división do tempo. Outra opción sería falar en diferentes tons de voz, o que equivalería a unha conversación múltiple por división da frecuencia. Neste caso, damos por suposto que as persoas participantes na conversación teñen oídos o suficientemente afinados como para identificar o interlocutor/a a partir do seu ton de voz. Finalmente, poderían falar en diferentes idiomas, o que sería equivalente a unha conversación por división do código. Neste último caso, as persoas que falan o mesmo idioma poden entenderse entre si, pero os demais idiomas percibiríanse como ruído e rexeitaríanse.

1.5 A modulación dos sinais

A conformación dun sinal electromagnético para transmitir información coñécese como modulación. A modulación pode utilizarse para combinar unha información analóxica cun sinal portador dunha determinada frecuencia. Con iso, é posible transmitir a información de sinais analóxicos de baixa frecuencia, por exemplo a voz humana, a frecuencias máis altas. Isto é útil porque os sinais analóxicos de baixa frecuencia non se poden transmitir eficazmente polo espazo libre ou pola atmosfera. Por outra banda, a modulación tamén se pode utilizar para representar unha mensaxe dixital dentro dunha forma de onda analóxica. Este tipo de modulación coñécese como codificación.

A modulación está relacionada coa multiplexación. Por exemplo, a modulación de diferentes portadoras de diferentes frecuencias permite establecer un sistema de acceso múltiple por división da frecuencia.

1.6. Modelo en capas para as redes de telecomunicación

Unha rede de telecomunicacións é un conxunto de transmisores e de receptores que intercambian mensaxes entre si a través de canles de comunicación. No caso das redes de comunicacións dixitais, existen uns dispositivos denominados encamiñadores que traballan de maneira coordinada para transmitir a información desde determinado emisor a un destinatario concreto. No caso das redes analóxicas, temos uns equipos denominados conmutadores que permiten establecer unha conexión entre dous ou máis usuarios/as. Unha vez establecida a citada conexión, os usuarios e usuarias involucrados poden intercambiar información. En ambos os tipos de redes poden ser necesarios repetidores para amplificar ou rexenerar o sinal cando se transmite a longas distancias.

Cando dúas entidades se comunican a través dunha rede de telecomunicacións dixitais, adóitanos facer utilizando determinado servizo ou aplicación. Por exemplo, podemos utilizar unha aplicación de mensaxaría para enviar mensaxes de texto a outra persoa ou unha aplicación de videoconferencia para ter unha xuntanza en liña coa nosa

xefa. En calquera caso, utilizaremos a infraestrutura de rede subxacente para establecer e manter de maneira efectiva a comunicación.

Para entender mellor este fenómeno, podemos utilizar un modelo de capas horizontais, onde colocamos en capas diferentes a rede física de telecomunicacións, a rede internet (TCP/IP) e as aplicacións e servizos, tal como mostramos na figura 1.2.

Cada capa realiza determinadas tarefas que lle son propias, pero non as das outras capas, o que fai que as diferentes capas sexan separables e se poidan tratar de maneira separada. Cada capa axústase a protocolos e a tecnoloxías propias e pode intercambiar información coa capa superior ou inferior (liña vermella na figura 1.2). En principio, poderíase substituír unha capa en toda a rede por outra que faga as mesmas funcións pero con outra tecnoloxía. Debido á separación entre capas, as capas superior e inferior da capa substituída non percibirían o cambio.

A capa inferior de infraestrutura de telecomunicacións encárgase de transmitir os sinais polas canles físicas ou pola canle radio. Os seus protocolos e características dependen de cada tecnoloxía concreta: wifi, ethernet, telefonía celular, fibra óptica etc. Dentro dun dispositivo, esta capa toma información da capa superior (a capa de internet), acondiciónaa para a súa transmisión ao seu interlocutor remoto na mesma capa e transmítea. Do mesmo xeito, recibe información doutro nodo na súa mesma capa e entrégaa á capa superior. Por tanto, esta capa entende os protocolos da súa capa superior, é dicir, da capa de internet.

A capa de internet realiza a súa tarefa de crear e de encamiñar paquetes, proporcionando interconectividade a través dunha rede de conmutación de paquetes. Esta capa dialoga con outros nodos da mesma capa para, de maneira conxunta, establecer camiños na rede e conseguir que os paquetes cheguen ao seu destino. Por tanto, esta capa toma información das aplicacións e transmítea ao nodo de destino, onde se entrega á aplicación correspondente. Esta capa ofrece unha comunicación virtual extremo a extremo á capa superior.

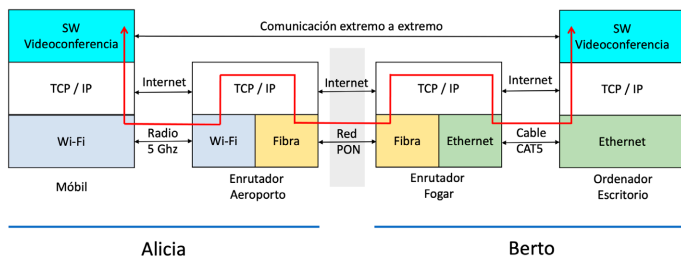
Na capa superior, temos aplicacións que poden realizar calquera tarefa e que funcionarán sempre que se axusten aos protocolos de internet. A capa de internet permite que as aplicacións poidan establecer

comunicacións directas con outras aplicacións equivalentes noutro extremo da rede.

Ademais de establecer camiños a través da rede internet, os encamiñadores encárganse de adaptar os sinais que se transmiten pola capa de infraestrutura entre as diferentes tecnoloxías que podemos atopar na devandita capa. Por exemplo, o encamiñador wifi que temos na casa adapta a conexión de fibra óptica do noso provedor para a súa transmisión por radio na banda de frecuencias da rede wifi. Deste xeito, os encamiñadores implementan tantas capas de infraestrutura coma redes de diferentes tecnoloxías interconecten.

Con este enfoque, calquera aplicación funcionará en calquera rede de telecomunicacións, con internet actuando como o pegamento que permite que partes separadas traballen xuntas, e os encamiñadores actuando como elementos que conectan entre si diferentes infraestruturas.

[Figura 1.2. Comunicación extremo a extremo a través dunha rede. Modelo en capas simplificado. Alicia, que está no aeroporto de Vigo, ten unha reunión con Berto na súa oficina de Helsinqui.]



Capítulo 2

Infraestructuras de telecomunicación

As primeiras infraestructuras de telecomunicación desenvolvéronse utilizando cables de cobre como medio de transmisión. Máis adiante, co descubrimento das ondas de radio, comezáronse a desenvolver as comunicacións sen fíos. Durante máis dun século, ata mediados do século pasado, as redes de cobre e as redes de comunicación por radio deron soporte a servizos de telecomunicación como o telégrafo ou o teléfono, e tamén a medios de comunicación social como a radio ou a televisión.

Desde a década dos anos noventa do século pasado, a medida que internet vai gañando popularidade, as emisións analóxicas de voz e de imaxe van sendo substituídas de maneira gradual por emisións dixitais. Ademais, a aparición de novos servizos e as melloras na calidade nos servizos multimedia fan patente as limitacións do cobre para dar resposta á maior demanda de capacidade de transmisión, o que impulsou o desenvolvemento das comunicacións ópticas.

No que respecta ás comunicacións de radio, prodúcense continuas melloras nos algoritmos de codificación e de compresión da información, o que leva consigo un aumento da capacidade da canle radio para transmitir datos e mellorar a calidade.

En definitiva, as infraestructuras de telecomunicación foron evolucionando desde as transmisións analóxicas por cable de cobre e as radiocomunicacións por modulación analóxica dunha portadora ata a situación actual, baseada en comunicacións dixitais por fibra óptica e radiocomunicacións dixitais de alta capacidade.

Nos apartados seguintes describimos as infraestructuras de comunicación máis relevantes no momento actual: a rede telefónica fixa, as

redes de radiodifusión, a rede celular de comunicacións móbiles e as redes de fibra óptica. Trátase das infraestruturas de rede máis utilizadas na actualidade en practicamente todo o mundo.

De todos os xeitos, como vimos no capítulo anterior, o establecemento de redes globais require de elementos que permitan comunicar unhas infraestruturas con outras para transmitir información entre elas. Na actualidade, isto conseguiuse no ámbito planetario co desenvolvemento das redes de conmutación de paquetes, cuxo epítome é o concepto de internet. Dedicamos a última parte deste capítulo para describir como se interconectan as diferentes infraestruturas de telecomunicación para configurar unha rede global.

2.1. Rede de telefonía fixa

A rede de telefonía fixa naceu como un sistema para a transmisión analóxica de voz sobre pares cables de cobre trenzados. O feito de trenzar os cables melloraba sensiblemente a protección contra as interferencias.

O servizo básico de chamadas telefónicas que os particulares e as empresas levan utilizando desde a década de 1880 desenvolveuse como unha mellora do rudimentario sistema telefónico inventado por Alexander Graham Bell e Antonio Meucci. Antes do desenvolvemento da rede de telefonía fixa, para establecer unha conexión entre dous teléfonos, era necesario tender cables entrambos. A medida que aumentaban as distancias entre emisor e receptor, necesitábanse cables máis longos, o que aumentaba o custo da conexión. O establecemento dunha rede de telefonía no canto de conexións directas entre abonados axudou a reducir estes custos colocando conmutadores en determinados puntos centralizados da rede. Estes conmutadores funcionaban como nodos de comunicación entre dous puntos da rede.

Antes de establecer redes telefónicas, a comunicación entre dous abonados establecíase coa participación de operadoras humanas. Para conectar as persoas que chamaban co seu destino, as operadoras debían realizar a conmutación de circuitos enchufando cables nun panel de conexións común para conectar a persoa que chamaba e o receptor. Se unha conexión requiría dúas centrais, dúas operadoras

conectaban simultaneamente os cables da persoa que chamaba e do receptor no mesmo cable de interconexión, chamado cable troncal.

A rede telefónica conmutada eliminou a necesidade de operadoras ao automatizar o proceso de conmutación. Os conmutadores realizan automaticamente as conexións respondendo aos sinais dun dispositivo de chamada cando se marcaba un número de teléfono.

[Figura 2.1. Terminal telefónico analóxico. Os discos dos primeiros terminais telefónicos servían para codificar o número marcado mediante unha secuencia de cortes na liña telefónica. Estes cortes indicábanlle a un conmutador electromecánico de que xeito facer as conexións para encamiñar a chamada pola rede (foto de Mike Meyers en Unsplash).]



A antiga rede telefónica estaba formada por conmutadores electromecánicos que realizaban algunhas das tarefas que fan as operadoras. Ademais, todas as funcións de chamada dos elementos da rede estaban cabladas dentro dos conmutadores, creando unha disposición de *hardware* pouco flexible. Así, cando alguén marcaba un número de teléfono de destino, cada dígito sucesivo do número xeraba unha serie de rápidos impulsos eléctricos (véxase a figura 2.1). Estes impulsos activaban unha secuencia de interruptores xiratorios na oficina central da compañía telefónica.

Nese momento, enviábase unha corrente eléctrica a un teléfono colgado, é dicir, a un teléfono que non estivese a atender outra chamada. A corrente eléctrica activaba o timbre do teléfono e este soaba. Como a disposición do *hardware* neste sistema estaba preestablecida, non era posible darlles instrucións específicas aos conmutadores xiratorios, por exemplo para bloquear as chamadas de certos números ou para desviar as chamadas a outro número.

Para establecer a conexión e permitir que as partes se comuniquen a través da rede, a chamada encamiñase a través dun ou máis conmutadores que operan no ámbito local, nacional ou internacional. Para realizar unha chamada telefónica, os distintos elementos da rede traballan conxuntamente para executar unha secuencia de pasos. En xeral, establécese un circuíto dedicado (conexión) entre a persoa que chama e a que recibe a chamada durante a conversación entre elas. Os cables de cobre conectan estes dous puntos. Este método de establecer camiños nunha rede entre orixe e destino chámase conmutación de circuitos.

Para transmitir a voz pola liña telefónica tradicional, as ondas sonoras convértense primeiro en sinais eléctricos analóxicos que flúen pola rede. Os cables de cobre transportan estes sinais coa axuda dos conmutadores. A continuación, os sinais volven converter en ondas sonoras no auricular do teléfono do receptor, permitíndolle escoitar á persoa que chama.

Os cables de cobre adoitan ser sensibles ao ruído, que á súa vez crea interferencias na rede. Como vimos antes, os sinais tamén tenden a debilitarse a medida que viaxan polos cables, polo que pode ser necesaria a súa amplificación para poder alcanzar o seu destino cunha calidade razoable.

A rede telefónica fixa só transportaba sinais analóxicos entre dous puntos da rede. O desenvolvemento do transistor abriu o camiño ás redes dixitais e permitiulles ás liñas telefónicas transportar sinais dixitais enviados en forma de paquetes.

A diferenza do sistema analóxico, a tecnoloxía baseada en paquetes non require un circuíto ou unha canle continuamente aberta e dedicada. No seu lugar, utiliza a rede subxacente e os conmutadores para transmitir mensaxes de voz e datos de forma independente.

De todos os xeitos, no novo modelo dixital os cables de cobre por si sós non son suficientes. Os cables de cobre son bidireccionais e poden transportar a voz humana en modo dúplex, é dicir, en ambas as direccións simultaneamente. Con todo, ao ter unha banda de frecuencias limitada (de 300 a 3400 Hz), non poden transmitir sinais dixitais, que son binarios, é dicir, en forma de 0 ou 1.

Por tanto, a transmisión de información dixital por unha liña concibida para a transmisión de voz humana require dalgún tipo de dispositivo que adapte a información dixital para que poida viaxar polos cables de cobre. Aquí é onde aparecen os módems. Os primeiros módems, no momento da transmisión, modulaban un sinal portador na banda de 300 a 3400 Hz coa información dixital. Na recepción, capturaban a portadora recibida para demodulala e obtiñan a información dixital orixinal. Noutras palabras, transformaban unha secuencia de bits nun sinal audible que viaxaba polo cable telefónico de cobre. Na recepción, capturábase o citado sinal para descodificalo e obter a secuencia de bits orixinal.

A introdución da rede dixital de servizos integrados (RDSI) a principios dos anos noventa do século pasado facilitou a transmisión de voz e de datos a través dunha liña telefónica de cobre normal. Foi un dos primeiros intentos de proporcionar servizos dixitais a través de cables de par de cobre.

A RDSI ofrece conexións máis rápidas e chamadas de maior calidade ca a rede telefónica estándar. Tamén pode integrarse con outros sistemas telefónicos, por exemplo as centrais automáticas privadas. Aínda que a RDSI atopou algúns nichos de mercado no ámbito empresarial e de negocios, así como certa aceptación en determinadas zonas xeográficas, o sistema foi ignorado en gran medida para chegar mesmo a gañarse o alcume de *innovación que os abonados non necesitan*. Durante un tempo utilizouse para a conexión dixital de pequenas empresas, usando as liñas de voz para datos a 64 kbit/s, pero a introdución dos módems de 56 kbit/s reduciu o seu atractivo na maioría dos casos. Tamén se utilizaba en sistemas de videoconferencia, onde era desexable unha conexión de datos directa de extremo a extremo. Por outra banda, a industria da radiodifusión chegou a utilizar en gran medida a RDSI como forma robusta e fiable de conmutar circuítos de audio de longa distancia cunha baixa latencia e alta

calidade, conectando os diferentes nodos dunha cadea de emisoras e estes cos equipos de radiodifusión.

As limitacións da RDSI fóronse superando coa chegada das liñas de abonado dixitais ou DSL a principios deste século, en particular coas DSL asimétricas ou ADSL. Unha conexión de datos asimétrica ofrece diferentes velocidades de transmisión de envío e recepción. Estas liñas adáptanse moi ben ao patrón de uso habitual dos usuarios e usuarias domésticos e das pequenas empresas, xa que utilizan a capacidade dispoñible fundamentalmente para obter información navegando pola web ou descargando ficheiros, por exemplo. Desta maneira, conséguese un uso eficiente dun recurso limitado, como é o largo de banda, dedicando a maior parte deste ao fluxo de información desde a rede cara ao usuario/a.

O ADSL permite a transmisión de datos a través da liña telefónica de cobre tradicional. Mediante un módem ADSL conectado á rede telefónica local, un computador pode conectarse á rede dun provedor de servizos de internet (ISP), o que lle permite ao computador acceder a internet. Coa aparición de encamiñadores ADSL é posible establecer unha rede de área local no fogar para facilitar a conexión de múltiples dispositivos á rede.

Do mesmo xeito ca a RDSI, o ADSL é unha solución para o bucle de abonado que proporciona un servizo dixital a través dos pares de cobre existentes. De todos os xeitos, a diferenza da RDSI, o ADSL ofrece velocidades de 10 megabits por segundo ou máis, polo que o seu uso se popularizou rapidamente. Un módem ou un encamiñador ADSL proporciona o largo de banda suficiente para que un número limitado de usuarios e usuarias poida acceder a practicamente calquera servizo dispoñible en internet.

Ao longo dos anos, a rede telefónica fixa evolucionou mediante a adopción de novas tecnoloxías. Un claro exemplo diso é a introdución das comunicacións de voz sobre internet (voz sobre IP ou VoIP).

A VoIP utiliza unha conexión a internet existente para transmitir mensaxes de voz e datos entre dúas partes. Coa VoIP pódense conectar varias oficinas remotas mantendo unhas comunicacións estables e robustas. Ademais, ofrece funcións como a resposta de voz interactiva, o desvío de chamadas e a identificación dinámica de chamadas.

Un dos protocolos de VoIP máis comúns é o protocolo de transporte en tempo real (RTTP), que transmite audio e vídeo.

A diferenza da telefonía tradicional, a VoIP transmite a voz a través de redes de datos conmutadas por paquetes, o que reduce drasticamente os custos das chamadas, especialmente as internacionais. De todos os xeitos, ten como inconvenientes máis destacables a seguridade e o tempo de inactividade. Se un atacante compromete a rede de datos sobre a que se transmite a VoIP, pode poñer en perigo a confidencialidade e a integridade de todas as chamadas VoIP sobre esa rede. Ademais, se a rede cae, tanto a de voz coma a de datos, fano simultaneamente.

2.2. Redes de radiodifusión

A radiodifusión é a distribución de contidos de audio ou de vídeo a unha audiencia dispersa a través do espectro electromagnético utilizando ondas de radio, nun modelo de un (o centro emisor) a moitos (os radorreceptores, por exemplo os televisores ou os receptores de radio). A radiodifusión comezou coa radio en modulación de amplitude (AM), que se popularizou ao redor de 1920 coa aparición dos transmisores e dos receptores de radio de lámpadas sen carga.

Antes de que a radiodifusión fose posible grazas aos avances en electrónica, todas as formas de comunicación electrónica (os primeiros aparellos de comunicación por radio, o teléfono e o telégrafo) eran de un a un, coa mensaxe destinada a un só destinatario.

A radiodifusión adoita asociarse coa radio e coa televisión aínda que, como veremos, na actualidade as transmisións de radio e de televisión xa se distribúen en gran medida por cable (televisión por cable) e a través de internet (servizos de transmisión libre).

Os receptores poden incluír o público en xeral ou un subconxunto relativamente pequeno de equipos. De todos os xeitos, calquera persoa coa tecnoloxía e co equipo de recepción adecuados (por exemplo, un aparello de radio ou televisión sintonizado na frecuencia correspondente) está en condicións de recibir o sinal. O campo da radiodifusión inclúe tanto os servizos xestionados polos estados e outras administracións públicas, como a radio pública, a radio comunitaria e a televisión pública, coma tamén a radio comercial privada e a televisión

comercial. Deste modo, as transmisións privadas ou bidireccionais de telecomunicacións non entrarían nesta definición.

A transmisión de programas de radio e de televisión desde unha emisora de radio ou televisión aos receptores domésticos mediante ondas de radio denomínase radiodifusión terrestre e, na maioría dos países, require unha licenza de radiodifusión.

As primeiras emisións consistían en enviar sinais telegráficos por radio, a través do código Morse, un sistema desenvolvido na década de 1830 por Samuel Morse, o físico Joseph Henry e Alfred Vail. Estas emisións baseábanse nun sistema de telegrafía eléctrica que enviaba pulsos de corrente por uns cables que controlaban un electroimán que se atopaba no extremo receptor do sistema telegráfico. Necesitábase un código para transmitir a linguaxe natural utilizando só estes pulsos e o silencio entre eles. Por iso, Morse desenvolveu o precursor do moderno código morse internacional. Este código era especialmente importante para a comunicación entre barcos e entre barcos e a costa, pero tamén se fixo cada vez máis importante para os negocios e as noticias en xeral. A radiodifusión sonora comezou de forma experimental na primeira década do século xx. A principios da década de 1920, a radiodifusión sonora converteuse nun medio de comunicación doméstico, primeiro ao modular unha portadora en amplitude (AM) e despois en frecuencia modulada (FM). As emisións de televisión comezaron de forma experimental nos anos vinte e xeneralizáronse despois da segunda guerra mundial, utilizando o espectro nas bandas VHF e UHF. A radiodifusión por satélite iniciouse na década de 1960 e xeneralizouse na década de 1970, coa aparición dos DBS (Direct Broadcast Satellites) na década de 1980.

Orixinalmente, toda a radiodifusión estaba composta por sinais analóxicos que utilizaban técnicas de transmisión analóxica, pero na década de 2000 as emisoras cambiaron a sinais dixitais que utilizan a transmisión dixital.

A capacidade tecnolóxica global para recibir información a través de redes de radiodifusión unidireccionais cuadriplicouse con fartura durante as dúas décadas transcorridas entre 1986 e 2007, que pasou de 432 exabytes de información (432 millóns de terabytes) a 1,9 zettabytes (1900 millóns de terabytes). Por exemplo, esta capacidade

equivalería a pasar de transmitir o contido duns 50 xornais por persoa e día en 1986, a transmitir 175 xornais por persoa e día en 2007.

2.3. Rede celular para comunicacións móbiles

Unha rede celular para comunicacións móbiles é unha rede de comunicación na que a ligazón cara a e desde os terminais é sen fíos. A rede organízase en áreas xeográficas denominadas celas, cada unha das cales está servida por polo menos un transceptor de localización fixa. As estacións base proporcionanlle á cela a cobertura de rede necesaria para a transmisión dixital de voz, datos e outros tipos de contido. Unha cela adoita utilizar un conxunto de frecuencias diferente ao das células veciñas para evitar interferencias e garantir a calidade de servizo.

As celas comunícanse coas celas adxacentes para proporcionar cobertura en zonas xeográficas máis amplas. Desta maneira, os terminais móbiles presentes nunha determinada cela pódense comunicar entre si e con outros terminais en calquera outro lugar da rede. Ademais, as redes móbiles dispoñen de nodos de interconexión con outras redes, fixas ou móbiles, co que é posible comunicar tamén con terminais nesoutras redes. As redes móbiles adoitan proporcionar tamén mecanismos de itinerancia ou *roaming*, mediante os cales un terminal pode desprazarse dunha a cela a outra durante unha comunicación activa.

As redes celulares desenvolvéronse fronte ás redes de radiodifusión baseadas nun único transceptor debido a unha serie de propiedades interesantes. As redes celulares poden ofrecer maior capacidade para comunicacións dúplex ca un só transmisor de gran tamaño, xa que se poden reutilizar as mesmas frecuencias e as mesmas canles de radio, sempre que estean en diferentes celas. Por exemplo, se nunha rede de radiodifusión dun único transceptor podemos ter 1000 terminais activos, establecendo unha comunicación bidireccional, nunha rede celular que cubra a mesma superficie con 100 celas poderíamos chegar a ter 100 000 terminais activos nun momento dado, se estes se distribúen uniformemente entre as celas. Ademais, pódese incrementar aínda máis a capacidade das redes celulares utilizando sinais de maior frecuencia, que non se poden propagar a grandes distancias, xa que a atenuación dos sinais de radio aumenta drasticamente coa frecuencia. A capacidade dunha portadora, é dicir, o largo de

banda dispoñible e a velocidade de transmisión dos datos, é maior canto maior é a súa frecuencia.

Por outra banda, ao situarse os transceptores das redes celulares máis preto dos terminais, estes necesitan menos enerxía para comunicarse ca cun único transceptor situado a maior distancia ou nun satélite. Isto implica que os terminais poden ser máis pequenos e de menor peso, ao necesitar baterías de menor capacidade.

Finalmente, as redes celulares proporcionan maior área de cobertura ca cun único transceptor, xa que se poderían engadir celas indefinidamente sen as limitacións consecuencia de dispoñer dun único punto de transmisión. Por exemplo, as comunicacións a altas frecuencias necesitan visión directa, polo que non é posible establecer áreas de cobertura que vaian máis aló do horizonte do transceptor. De feito, esta é a razón de que os transceptores das redes tradicionais de radiodifusión se sitúan en lugares xeográficos elevados ou no extremo de torres de comunicacións.

A rede celular máis utilizada polo gran público é a rede de telefonía móbil. Os teléfonos móbiles son terminais capaces de realizar chamadas de voz e enviar mensaxes multimedia e, no caso dos teléfonos intelixentes ou *smartphones*, transmitir e recibir datos, conectándose coa estación base da cela na que está situado utilizando ondas de radio. Como indicamos antes, as redes de telefonía móbil son celulares porque as radiofrecuencias son un recurso limitado que hai que compartir para que moitos usuarios e usuarias se poidan comunicar de maneira simultánea. As estacións base e os propios teléfonos cambian de frecuencia baixo o control dun computador e utilizan transmisores de baixa potencia para que o número, normalmente limitado, de radiofrecuencias poida ser utilizado simultaneamente por moitas chamadas con menos interferencias.

A rede celular tamén garante unha maior cobertura. Como vimos, as zonas xeográficas extensas divídense en celas para evitar a perda de sinal máis aló do horizonte e para dar servizo a un número maior de teléfonos activos nesa zona. Do mesmo xeito, as zonas montañosas tamén poden requirir dun maior número de celas para evitar os cortes na liña de visión consecuencia da orografía. Nas zonas urbanas densamente poboadas, cada cela pode ter un radio de ao redor de 1 km, mentres que zonas rurais con menos poboación, o alcance pode

chegar ata uns 10 km. En zonas abertas e despexadas un terminal móbil pode chegar a recibir sinais dun transceptor situado a un 50 km de distancia. En zonas montañosas, o alcance está limitado pola orografía. En xeral, un terminal móbil necesitará comunicarse cunha estación base que estea na súa liña de visión.

Todas as celas están conectadas a centrais telefónicas, que á súa vez se conectan á rede telefónica tradicional. No que se refire á comunicación de datos, as redes celulares están conectadas mediante encamiñadores ás redes de datos que configuran internet.

Ao longo da súa curta historia fóronse sucedendo varias xeracións de tecnoloxías celulares. As redes móbiles 1G ou de primeira xeración baseábanse en sistemas de radio analóxicos, o que significaba que os usuarios e usuarias só podían facer chamadas telefónicas e nin sequera podían enviar ou recibir mensaxes de texto. A rede 1G introduciuse por primeira vez en Xapón en 1979, antes de estenderse a outros países, á principios dos anos oitenta do século pasado. Esta tecnoloxía era pouco fiable e tiña evidentes problemas de seguridade. Por exemplo, a cobertura celular caía a miúdo, sufría interferencias doutros sinais de radio e, debido á ausencia de cifraxe, era relativamente sinxelo escoitar e gravar as conversacións alleas.

A rede 1G mantívose ata 1991, cando foi substituída pola segunda xeración de telefonía móbil ou 2G. Esta nova rede móbil xa era unha rede dixital baseada no estándar GSM, o que melloraba sensiblemente a súa seguridade e tamén a súa capacidade. Coas redes 2G, os usuarios e usuarias podían enviar mensaxes de texto (SMS). Cando se introduciu o sistema GPRS en 1997, as persoas usuarias podían recibir e enviar correos electrónicos desde os seus terminais móbiles e mensaxes multimedia (MMS).

As redes móbiles de terceira xeración ou 3G seguen utilizándose hoxe en día, sendo aínda unha solución moi habitual nos casos onde se require unha comunicación cun centro de servizo ou centro de control, como ascensores, vehículos, equipos de monitorización autónomos etc. Coa 3G, os teléfonos móbiles xa non se limitaban a chamar e a enviar mensaxes de texto, senón que revolucionaron as comunicacións en mobilidade. En comparación coa 2G, a 3G era moito máis rápida e facía posible transmitir maiores cantidades de datos e facer videochamadas, compartir arquivos, navegar por internet, ver a

televisión ou xogar a xogos en liña. O teléfono móbil, agora teléfono intelixente, convértese no centro da conectividade social.

A aparición da cuarta xeración ou 4G continuou a revolución iniciada coa 3G. Cinco veces máis rápida ca a xeración anterior, pode chegar a ofrecer velocidades de transmisión de datos de ata 100 Mbps. Todos os terminais postos no mercado a partir de 2013 son compatibles con esta rede. Coa 4G, redúcese a latencia (o tempo que tarda en reaccionar a rede cando transmitimos información), increméntase a calidade das comunicacións de voz, mellórase o acceso a servizos de mensaxaría instantánea e redes sociais, e conséguense a transmisión de contidos audiovisuais con maior calidade e realízanse descargas máis rápidas.

Coas redes de quinta xeración ou 5G mellórase a velocidade e a capacidade da rede e redúcese drasticamente a latencia, o que abre a porta ao mundo da Internet das cousas, os coches conectados, as cidades intelixentes e a automatización no fogar e na oficina.

As redes de telefonía móbil das últimas xeracións son redes completamente dixitais. Os terminais móbiles son basicamente pequenos computadores multimedia que se comunican cos computadores que xestionan toda a rede a través das celas que forma o subsistema de estacións base. Ademais, a rede celular conéctase co resto das redes que configuran internet a través de encamiñadores.

Hai que ter en conta que a universalidade da banda larga só se pode conseguir de maneira economicamente viable usando tecnoloxías sen fíos, xa que supón o único medio economicamente viable de proporcionar servizos de banda larga en zonas rurais e pouco poboadas, diminuindo con iso a fenda dixital.

Todos estes factores levaron a alcanzar un consenso xeral no ámbito mundial para dispoñer de maneira urxente de espectro radioeléctrico adicional para banda larga móbil para reducir a fenda dixital en zonas rurais e satisfacer a crecente demanda de banda larga. Con todo, o incremento exponencial do tráfico fixo que estas previsións quedaran curtas.

2.4. Redes de fibra óptica

A comunicación por fibra óptica é un método de transmisión de información mediante o envío de pulsos de luz, xeralmente infravermella, a través dunha fibra óptica. A luz é un sinal portador que se modula mediante unha secuencia de pulsos para transportar a información. A fibra óptica ten importantes vantaxes fronte ao cable de cobre, dado o seu largo de banda moito maior e a súa capacidade de transmitir información a longa distancia sen necesidade de rexenerar os sinais, debido á inmunidade da luz ás interferencias electromagnéticas e á súa menor atenuación. A modo de comparación, mentres que as redes de cables de cobre requiren repetidores de sinal cada dous ou tres quilómetros para obter un rendemento satisfactorio, non é raro que os sistemas ópticos superen os 100 km sen rexeneración ou amplificación do sinal. As fibras utilizadas normalmente adoitan estar dispoñibles en lonxitudes de máis de 10 km, o que minimiza o número de empalmes necesarios nun tramo longo.

A fibra óptica úsase na actualidade para transmitir sinais telefónicos, datos a través de internet e sinais de televisión por cable. Tamén se utiliza noutros sectores, como o médico, o de defensa, o gobernamental, o industrial e o comercial. Ademais de servir como medio de transmisión en telecomunicacións, utilízase como guía de luz, en ferramentas de imaxe, láseres, detectores de ondas sísmicas, no conxunto de circuitos de dispositivos sonar para a detección submarina e como sensores para medir a presión e a temperatura.

O desenvolvemento da infraestrutura dentro das zonas urbanas é relativamente difícil e require moito tempo; ademais, os sistemas de fibra óptica poden ser complexos e custosos de instalar e de operar. Debido a estas dificultades, os primeiros sistemas de comunicación por fibra óptica instaláronse principalmente en aplicacións de longa distancia, onde poden utilizarse ao máximo da súa capacidade de transmisión, o que compensa o seu maior custo. Desde 1990, cando se comercializaron os sistemas de amplificación óptica, comezouse a tecer unha ampla rede de liñas de comunicación de fibra interurbanas e transoceánicas. A principios deste século, completouse unha rede intercontinental de 250 000 km de cable de comunicacións submarino e a capacidade da rede aumentou drasticamente desde entón. Na actualidade, desenvóléronse máis de 5000 millóns de quilómetros de cable de fibra óptica en todo o mundo. Esta modalidade de

desenvolvemento coñécese como fibra ata o nodo (*fiber to the node* ou FTTN). A fibra óptica termina nun armario que pode estar a varios quilómetros das instalacións do cliente. O cable desde o nodo ata as instalacións do cliente aínda adoitaba ser de cobre.

O seguinte paso consistiría en substituír as redes de cable desde os nodos das centrais de distribución ata os edificios dos abonados, mantendo aínda a rede de distribución existente no interior dos edificios, normalmente de cobre. Neste caso temos unha modalidade de distribución de fibra ata os edificios (*fiber to the building* ou FTTB). Se a fibra non chega aínda ata os edificios, aínda que si que contamos cunha rede de fibra de distribución local, falamos de fibra ata o bordo (*fiber to the curb* ou FTTC).

Os cables de fibra óptica poden instalarse en edificios co mesmo equipo que se utiliza para instalar cables de cobre e coaxiais, con algunhas modificacións debido ao pequeno tamaño e á limitada tensión de tracción e radio de curvatura dos cables ópticos. De todos os xeitos, a fibra óptica tardou en alcanzar o seu obxectivo de chegar ata o interior do fogar. Ata hai pouco tempo, cando as redes xa eran nunha gran parte de fibra, o último tramo desde a central de comunicacións residencial ata o domicilio seguía sendo par de cobre telefónico tradicional. Con todo, o desenvolvemento de fibra ata o fogar (*fiber to the home*, FTTH) aumentou considerablemente na última década e prevese que lles sirva a millóns de abonados máis nun futuro próximo. En España, estase xa a substituír o ADSL sobre par de cobre por fibra óptica pasiva con tecnoloxía ethernet (EPON) como medio para acceder a internet de banda larga, sendo esta a tecnoloxía de rede de acceso baseada de fibra dominante en todo o mundo.

[Figura 2.2. Sistema de distribución de fibra óptica dentro dun edificio mediante conmutadores (foto de Kiril Sh en Unsplash)]



Os prezos das comunicacións por fibra óptica baixaron considerablemente ao longo deste século. Actualmente, o prezo do desenvolvemento da fibra ata os fogares é máis rendible ca o do desenvolvemento dunha rede baseada no cobre, debido sobre todo á brutal diferenza de prezo entre o cobre, metal relativamente escaso dado o seu amplísimo abano de aplicacións, e a fibra, que despois de todo non é máis ca un plástico extrusionado.

De todos os xeitos, en aplicacións de moi curta distancia e cun largo de banda relativamente baixo, adóitase preferir aínda a transmisión de sinais eléctricos polo seu menor custo de despregamento cando non se necesita un número elevado de canles, xa que o cable se pode empalmar de maneira sinxela, mentres que os empalmes de fibra son máis complexos de realizar. Ademais, supón un menor custo dos transmisores e de receptores e o cobre ten capacidade para transportar tanto enerxía eléctrica coma datos. Debido a estas vantaxes da transmisión eléctrica, a comunicación óptica non é habitual en aplicacións de curta distancia de equipo a equipo, salvo en situacións especiais, onde se requira unha especial inmunidade ante as interferencias

electromagnéticas, incluídos os pulsos electromagnéticos nucleares. A fibra ten unha alta resistencia eléctrica, o que fai que sexa seguro utilizala preto de equipos de alta tensión. Ademais ten menor peso, menor diámetro, e resiste moi ben á corrosión porque é un medio de transmisión non metálico.

2.5. Redes de área local

Unha rede de área local (LAN) é unha rede informática que interconecta ordenadores e outros dispositivos como teléfonos ou televisións intelixentes dentro dunha área limitada, como unha residencia, un colexio ou unha oficina. Ethernet, wifi e PLC son as tecnoloxías máis utilizadas para as redes de área local. As redes de área local domésticas máis comúns adoitan consistir nun encamiñador wifi conectado á rede do operador de telecomunicacións. Tamén adoita ser habitual engadir unha parte cableada, ethernet ou PLC, un ou varios conmutadores ethernet, e un ou varios dispositivos de extensión da cobertura wifi. Os dispositivos PLC de comunicación polas liñas eléctricas transportan datos nos condutores para a transmisión de enerxía eléctrica de corrente alterna, simultaneamente con esta.

Unha LAN pode incluír, ademais, unha ampla variedade doutros dispositivos de rede, como devasas, equilibradores de carga e dispositivos de detección de intrusionas na rede. Na capa de transporte, utilízanse case de maneira exclusiva os protocolos TCP/IP e o resto de protocolos de rede e de transporte de internet. As redes de área local poden manter conexións con outras redes de área local a través de internet utilizando tecnoloxías de redes privadas virtuais (VPN).

Ethernet é unha familia de tecnoloxías de rede cableada que se utiliza habitualmente en redes de área local. As redes ethernet orixinais utilizaban cable coaxial de maneira compartida (todos os equipos conectábanse ao mesmo cable), mentres que as variantes de ethernet máis recentes utilizan ligazóns de par trenzado e fibra óptica xunto con conmutadores. Ao longo da súa historia, as velocidades de transferencia de datos de ethernet aumentaron desde os 2,94 Mbit/s orixinais ata os 400 Gbit/s.

Ethernet funciona ben coas tecnoloxías wifi. Wi-Fi ou wifi, pronunciado *guay-fay*, é unha familia de protocolos de rede sen fíos utilizados habitualmente para crear redes de área local de dispositivos e o

acceso a internet, permitindo que os dispositivos dixitais próximos intercambien datos mediante ondas de radio. Wi-Fi é unha marca comercial da organización sen ánimo de lucro Wi-Fi Alliance, formada por preto de 1000 empresas de todo o mundo. Actualmente, as redes wifi son as redes informáticas máis utilizadas no mundo, empregadas globalmente en redes domésticas e de pequenas oficinas para enlazar computadores de sobremesa e portátiles, tabletas, teléfonos intelixentes, televisores intelixentes, impresoras e altosfalantes intelixentes entre si e cun encamiñador sen fíos para conectar todos estes equipos a internet. A tecnoloxía wifi é a que nos podemos atopar tamén en puntos de acceso sen fíos en lugares públicos como cafeterías, hoteis, bibliotecas e aeroportos para proporcionarlles o acceso público a internet a dispositivos móbiles.

Wifi baséase en parte na familia de protocolos ethernet e está deseñado para interactuar sen problemas coas redes de cable ethernet. Os dispositivos compatibles poden conectarse en rede a través de puntos de acceso sen fíos, así como a dispositivos con cable e internet. As diferentes versións de wifi baséanse en diferentes tecnoloxías de radio que determinan as velocidades máximas que poden alcanzarse. A wifi adoita utilizar as bandas de radio UHF de 2,4 xigahertz (120 mm) e SHF de 5 xigahertz (60 mm); estas bandas subdivídense en múltiples canles. As canles poden compartirse entre redes, pero só un transmisor pode transmitir localmente nunha canle en calquera momento.

As bandas de radio de wifi atenúanse rapidamente e funcionan mellor cando se utilizan na liña de visión. Moitos dos obstáculos que nos podemos atopar na nosa contorna, como paredes, piares, electrodomésticos etc., poden reducir moito o alcance, pero isto tamén axuda a minimizar as interferencias entre as distintas redes en contornas con moitos dispositivos. Un punto de acceso (ou *hotspot*) adoita ter un alcance duns 20 m en interiores, mentres que algúns puntos de acceso recentes poden chegar a alcanzar os 150 m en exteriores. A cobertura dos *hotspots* pode ser tan pequena coma unha soa habitación con paredes que bloqueen as ondas de radio, ou tan grande coma moitos quilómetros cadrados utilizando moitos puntos de acceso superpostos con itinerancia permitida entre eles (*wifi mesh*).

As estacións wifi comunícanse intercambiando paquetes de datos por radio. Como en toda comunicación por radio, isto lógrase

mediante a modulación e a demodulación das ondas portadoras. As distintas versións de wifi utilizan técnicas diferentes, 802.11b utiliza multiplexación no código mediante espectro alargado de secuencia directa (DSSS) nunha soa portadora, mentres que 802.11a, wifi 4, 5 e 6, utilizan múltiples portadoras en frecuencias lixeiramente diferentes dentro da canle mediante multiplexado por división en frecuencia ortogonal (OFDM).

Do mesmo xeito ca nas redes ethernet, as estacións veñen programadas cunha dirección MAC de 48 bits única no mundo, que a miúdo está impresa no propio dispositivo, de modo que cada estación wifi ten unha dirección única. As direccións MAC utilízanse para especificar tanto o destino coma a orixe de cada paquete de datos. Ao recibir unha transmisión, o receptor utiliza a dirección de destino para determinar se a transmisión é relevante para a estación ou debe ser ignorada. Normalmente, unha interface de rede non acepta paquetes dirixidos a outras estacións wifi.

As canles utilízanse en modo semidúplex, é dicir, envíase e recíbese información de maneira alternativa, e poden ser compartidos por varias redes. Cando a comunicación se produce na mesma canle, calquera información enviada por un equipo recíbese por todos, mesmo se esa información está destinada a un só destinatario. A tarxeta de rede ignora a información que non vai dirixida a ela. O uso da mesma canle tamén significa que o largo de banda dos datos se comparte, de maneira que, por exemplo, o largo de banda de datos dispoñible para cada dispositivo se reduce á metade cando dúas estacións están a transmitir activamente.

Os dispositivos conectados a unha rede wifi que comparten unha canle fano mediante acceso múltiple por detección de portadora con evitación de colisións (CSMA/CA). Con CSMA/CA, os dispositivos tentan evitar as colisións iniciando a transmisión só cando se detecta que a canle está inactiva. Entón, transmiten todos os paquetes de datos pendentes. Con todo, aínda así non é posible evitar completamente as colisións, xa que dúas estacións poden sentir que a canle está baleira e empezar a transmitir os seus paquetes á vez. As colisións corrompen os datos transmitidos e obrigan os dispositivos a retransmitir, o que á súa vez reduce o rendemento.

2.6. Interconexión de redes de datos

Para conectar entre si redes diferentes utilízanse encamiñadores. Un encamiñador é un dispositivo de rede que reenvía paquetes de datos entre redes diferentes. Pódese dicir que os encamiñadores son os encargados de dirixir e de organizar o tráfico de datos en internet. Podemos ver internet como unha gran rede composta de moitas redes interconectada, como unha rede de redes. Os datos enviados a través de internet, como unha película en emisión en tempo real (*streaming*), unha fotografía ou unha páxina web, viaxan empaquetados en paquetes de datos. Cando un paquete chega a un encamiñador por unha das súas entradas, este le a información da dirección de rede na cabeceira do paquete para determinar o destino final e selecciona unha das súas saídas para reenviarlle o paquete ao seguinte encamiñador. Os paquetes viaxan dun encamiñador a outro ata que chega á rede onde está conectado o dispositivo de destino.

Cando se utilizan varios encamiñadores en redes interconectadas, estes intercambian información sobre as direccións de destino mediante un protocolo de encamiñamento. Cada encamiñador constrúe unha táboa de encamiñamento, unha listaxe de rutas, entre os sistemas informáticos das redes interconectadas. Así, o programa informático que goberna o funcionamento do encamiñador componse de dúas unidades funcionais de procesamento que operan simultaneamente, denominadas planos. Por unha banda, temos o plano de control, onde se mantén actualizada unha táboa de encamiñamento que enumera que ruta se debe utilizar para reenviar un paquete de datos e a través de que conexión de interface física. Para iso, utiliza directivas internas preconfiguradas, denominadas rutas estáticas, ou aprende as rutas dinamicamente a medida que vai transmitindo paquetes, mediante un protocolo de encamiñamento. As rutas estáticas e dinámicas almacénanse na táboa de encamiñamento. A lóxica do plano de control elimina as directivas non esenciais da táboa e constrúe unha base de información de reenvío (FIB) que utilizará o plano de reenvío.

O plano de reenvío encárgase de reenviar os paquetes de datos entre as conexións entrantes e saíntes. Le a cabeceira de cada paquete a medida que entra, fai coincidir o destino coas entradas da FIB fornecida polo plano de control e dirixe o paquete á rede de saída especificada na FIB.

Un encamiñador pode ter interfaces para diferentes tipos de conexións de capa física, como pares trenzados de cobre, fibra óptica ou wifi. Tamén pode soportar diferentes estándares de transmisión da capa de rede. Cada interface de rede utilízase para permitir o reenvío de paquetes de datos dun sistema de transmisión a outro. Os encamiñadores tamén se poden utilizar para conectar entre si dous ou máis grupos de dispositivos informáticos coñecidos que comparten unha rede física, denominadas subredes. Os encamiñadores poden proporcionar conectividade dentro dunha residencia, entre o fogar e internet, ou entre as redes dos provedores de servizos de internet (ISP). Podemos atopar encamiñadores con moi diversas prestacións. Os encamiñadores máis potentes adoitan atoparse nos provedores de internet e nos operadores de telecomunicacións, así como nas instalacións académicas e de investigación. As grandes empresas tamén poden necesitar encamiñadores potentes para facer fronte ás crecentes demandas de tráfico de datos das súas redes internas.

Os encamiñadores de acceso como os que podemos ter no noso fogar, en realidade non necesitan o seu propio encamiñamento xerárquico, xa que todos os paquetes xerados na nosa rede de área local (p. ex., a nosa rede wifi) dirixidos ao exterior se reenvían sempre ao encamiñador nas instalacións do noso provedor de internet. É alí onde se toman as decisións de encamiñamento, en función do destino dos paquetes. Os encamiñadores domésticos adoitan estar optimizados para lograr que o seu custo sexa moi reducido.

Unha función habitual dos encamiñadores de acceso é a tradución dos enderezos de rede ou NAT. Trátase dun método de asignación dun espazo de enderezos do IP a outro mediante a modificación da información da dirección de rede na cabeceira IP dos paquetes. Dado que o número de enderezos do IP é limitado, converteuse nunha ferramenta esencial para conservar o espazo de direccións global fronte ao esgotamento dos enderezos do IP. Mediante NAT, é posible reutilizar os mesmos enderezos do IP en varias redes locais, xa que o encamiñador NAT traducirá de maneira dinámica esas direccións internas a unha dirección única proporcionada polo operador de telecomunicacións. Os equipos conectados ao encamiñador ao lado da rede local poden compartir o mesmo enderezo IP visible e encamiñable en internet.

Podemos ver os encamiñadores NAT como a central telefónica dunha oficina que ten un número de teléfono público e varias extensións

internas. As chamadas saíntes realizadas desde calquera terminal da oficina parecen proceder todas do mesmo número de teléfono. Con todo, unha chamada entrante que non especifica unha extensión non se lle pode transferir automaticamente a unha persoa dentro da oficina. Neste escenario, a oficina é unha LAN privada, o número de teléfono principal é o enderezo do IP público e as extensións individuais son números de porto únicos que se corresponden con enderezos do IP reutilizables.

Con NAT, todas as comunicacións enviadas a servidores externos conteñen realmente o enderezo do IP externo e a información do porto do dispositivo NAT, en lugar dos enderezos do IP dos dispositivos conectados á rede de área local ou os números de porto. NAT só traduce os enderezos do IP e os portos dos seus *hosts* internos, ocultando o verdadeiro punto final dun *host* interno nunha rede privada. Cando un computador da rede privada (interna) envía un paquete IP á rede externa, o dispositivo NAT substitúe o enderezo do IP de orixe interna na cabeceira do paquete polo enderezo do IP externo do dispositivo NAT. A continuación, o encamiñador pode asignarlle a cada conexión concreta un número de porto dun conxunto de portos dispoñibles, inserindo este número de porto no campo de porto de orixe. O paquete reenvíase entón á rede externa. O dispositivo NAT fai entón unha entrada nunha táboa de tradución que contén o enderezo do IP interno, o porto de orixe orixinal e o porto de orixe traducida. Os seguintes paquetes co mesmo enderezo do IP de orixe interno e o mesmo número de porto tradúcense ao mesmo enderezo do IP de orixe externo e ao mesmo número de porto. O computador que recibe un paquete que foi sometido a NAT establece unha conexión co porto e o enderezo do IP especificados no paquete alterado, sen ter en conta que o enderezo fornecido está a ser traducido.

Ao recibir un paquete da rede externa, o dispositivo NAT busca na táboa de tradución a entrada co porto de destino da cabeceira do paquete. Se se atopa unha coincidencia, o enderezo do IP de destino e o número de porto substitúense polos valores atopados na táboa e o paquete reenvíase á rede interna. Pola contra, se o número de porto de destino do paquete entrante non se atopa na táboa de tradución, o paquete descártase ou rexéitase porque o encamiñador non sabe onde envialo.

O funcionamento da NAT adoita ser transparente, tanto para os ordenadores que están na rede interna coma para os externos. O

dispositivo NAT pode funcionar como porta de ligazón por defecto para un ordenador interno, que adoita coñecer o verdadeiro enderezo IP e o porto do ordenador externo. Con todo, os ordenadores nas redes externas só coñecen o enderezo do IP público do dispositivo NAT e o porto particular que se utiliza para comunicarse en nome dun ordenador concreto situado na rede interna.

Os dispositivos situados detrás de encamiñadores con NAT non teñen conectividade directa extremo a extremo (dependen da táboa de tradución de enderezos do servidor NAT) e non poden participar nalgúns protocolos de internet. Os servizos que requiren o inicio de conexións TCP desde a rede exterior, ou que utilizan protocolos sen estado como os que usan o protocolo UDP, poden verse interrompidos. A menos que o encamiñador NAT faga un esforzo específico para soportar os devanditos protocolos, os paquetes entrantes non poden chegar ao seu destino. Algúns protocolos poden acomodar unha instancia de NAT entre os ordenadores participantes (FTP en modo pasivo, por exemplo), ás veces coa axuda dunha pasarela na capa de aplicación, pero fallan cando ambos os sistemas están separados por un servidor NAT. O uso de NAT tamén complica o establecemento de redes privadas virtuais (VPN), porque NAT modifica os valores das cabeceiras, o que interfere coas comprobacións de integridade realizadas polas devanditas redes.

Debido a que os enderezos internos están todos disimulados detrás dun enderezo de acceso público, é imposible que os ordenadores externos inicien directamente unha conexión cun ordenador interno en particular. Aplicacións como a telefonía sobre IP (VoIP), a videoconferencia, as aplicacións *peer-to-peer* e as aplicacións de redes privadas virtuais deben utilizar técnicas de traspaso de NAT para funcionar. Isto é o que popularmente se coñece como *apertura e configuración de portos* nos encamiñadores domésticos.

Os encamiñadores de distribución agregan o tráfico de múltiples encamiñadores de acceso, por exemplo os encamiñadores domésticos de varios clientes. Os encamiñadores de distribución son a miúdo responsables de aplicar os parámetros de calidade de servizo (QoS) nunha rede de área ampla, polo que poden ter unha cantidade de memoria importante instalada, múltiples conexións de interface WAN e complexas rutinas de procesamento de datos. Tamén lles poden proporcionar conectividade a grupos de servidores de arquivos ou outras redes externas.

Capítulo 3

Servizos e aplicacións

Os servizos de telecomunicación son a razón de ser das redes de telecomunicación. En xeral, como ocorre con calquera servizo dispoñible no mercado, os servizos de telecomunicación comercialízanse por empresas provedoras de servizos de telecomunicación, públicas ou privadas, tamén coñecidas como *telcos* ou operadores de telecomunicacións. Estas empresas poden utilizar a súa propia rede ou utilizar unha rede dun terceiro. Por exemplo, un operador de telefonía móbil que é, ademais, operador de rede móbil ofrece o seu servizo de telefonía sobre a súa propia rede móbil celular. Por outra banda, un operador de rede móbil virtual compra por xunto o servizo de rede dun operador de rede móbil e ofrécelle sobre a devandita rede un servizo de telefonía móbil á súa propia clientela.

Os servizos de telecomunicación tamén se poden utilizar como plataforma para ofrecer outros servizos máis complexos. Por exemplo, os operadores de internet ofrécenlles o servizo de comunicación de datos a través de internet a empresas e a particulares. Sobre ese servizo, unha empresa de contidos multimedia, como Filmin, Netflix ou HBO, pode ofrecerlle á súa propia clientela un servizo de vídeo baixo demanda en réxime de subscrición.

Moitos dos operadores de telecomunicacións actuais son a evolución de operadores de telefonía. Moitas compañías telefónicas foron no seu momento organismos públicos ou monopolios de propiedade privada, pero regulados polo estado. De feito, na actualidade chámaselles ás compañías telefónicas transportistas comúns (*common carriers* en inglés), xa que son as que teñen as infraestruturas sobre as que o resto de operadores poden ofrecer calquera servizo de telecomunicación.

Coa chegada da telefonía móbil e a liberalización das telecomunicacións durante o último cuarto do século pasado, as compañías telefónicas inclúen agora os operadores de redes sen fíos ou operadores de redes móbiles, tanto os de orixe pública (agora na súa inmensa maioría privatizados) coma os novos operadores privados. No pasado, a maioría dos operadores eran propiedade dos estados e eran operados por estes na maioría dos países, fundamentalmente debido aos enormes investimentos de capital necesarios para despregar unha rede de telecomunicacións de ámbito estatal.

A inmensa maioría dos operadores telefónicos funcionan agora tamén como provedores de servizos de internet. De feito, a distinción entre unha compañía telefónica e un provedor de servizos de internet practicamente desapareceu xa tras un proceso coñecido como converxencia de servizos de telecomunicación.

Nos seguintes parágrafos describimos os tres servizos máis populares no momento actual: a televisión dixital, os servizos de telefonía móbil e os servizos asociados a esta, e os servizos sobre internet.

Ademais destes servizos, presentamos a Internet das cousas ou IoT, do seu acrónimo en inglés (*Internet of Things*), unha nova realidade que se está consolidando grazas aos avances en computación, en xestión da enerxía e en telecomunicacións.

Os avances en telecomunicacións, a Internet das cousas, a dispoñibilidade de capacidade de cómputo baixo demanda que proporciona a nube, os avances en sistemas ciberfísicos e a intelixencia artificial trouxeron consigo unha cuarta revolución industrial. Para completar este capítulo, describiremos brevemente este fenómeno.

3.1. Televisión dixital

A televisión dixital (DTV) é a transmisión de sinais de televisión codificados dixitalmente, en contraste coa anterior tecnoloxía de televisión, que utilizaba sinais analóxicos. No momento do seu desenvolvemento considerouse un avance innovador e representou a primeira evolución significativa da tecnoloxía televisiva desde a televisión en cor dos anos cincuenta do século pasado.

A televisión dixital actual transmítese en alta definición (HDTV) con maior resolución ca a analóxica. Adoita utilizar unha relación de

aspecto de pantalla ancha (normalmente 16:9) en contraste co formato máis estreito da televisión analóxica de 4:3. Ademais, fai un uso máis económico do escaso espazo do espectro radioeléctrico, xa que pode transmitir ata sete servizos diferentes de televisión e radio no mesmo largo de banda ca unha soa canle analóxica, e ofrece outras características adicionais que a televisión analóxica non pode, como información detallada sobre a programación, varias pistas de son ou varias pistas de subtítulos.

Do mesmo xeito que ocorreu coa televisión analóxica, adoptáronse diferentes normas de radiodifusión de televisión dixital en distintas áreas xeográficas. No caso de Europa, África, Asia e Australia, adoptouse a familia de estándares DVB (Dixital Vídeo Broadcast), que utiliza a modulación por división de frecuencia ortogonal codificada (OFDM) e admite a transmisión xerárquica, é dicir, a posibilidade de transmitir con varias calidades e taxas de bit diferentes. Estas normas foron as adoptadas en máis de cincuenta países.

A transición da radiodifusión analóxica á dixital comezou en Galicia ao redor do ano 2000, co desenvolvemento da rede dixital de distribución de sinais de televisión. Coñécese como apagamento analóxico o cesamento das emisións analóxicas dos operadores de televisión para pasar a transmitir unicamente en dixital. Na actualidade, o apagamento completouse en case toda Europa, gran parte de Asia Oriental (incluíndo China) e Oceanía e varios países de África. No continente americano, só México, Estados Unidos e algúns países centroamericanos completaron a transición cara ao sinal dixital. Canadá é o único país desenvolvido que non completou o proceso. En Europa o apagamento iniciouse en maio de 2005 como data recomendada e o ano 2012 como data límite para todos os países. No caso de España, o apagamento programouse para abril de 2010, aínda que o primeiro apagamento do noso país se produciu no concello galego da Fonsagrada o 5 de abril de 2008, coordinado pola Xunta de Galicia e o operador público Retegal S. A.

As raíces da televisión dixital están ligadas á dispoñibilidade de microprocesadores baratos e de alto rendemento. De feito, non foi ata a década de 1990 cando a televisión dixital se converteu nunha posibilidade real grazas a estes avances. Ata entón, a televisión dixital non era viable na práctica debido aos requisitos de largo de banda pouco prácticos do vídeo sen comprimir, que requirían uns 200 Mbit/s

para un sinal de televisión de definición estándar, equivalente á da televisión analóxica, e máis de 1 Gbit/s para a televisión de alta definición (HDTV). Por exemplo, en 1986 o operador de telecomunicacións xaponés Nippon Telegraph and Telephone (NTT) e o Ministerio de Correos e Telecomunicacións do devandito país propuxeron un servizo de difusión de televisión dixital, pero non foi posible implantar na práctica o citado servizo ata que se desenvolveron os novos formatos de compresión de vídeo con compensación de movemento, como os da familia MPEG, o cal foi posible a principios dos anos noventa co aumento da potencia de cálculo dos ordenadores.

Entre 1988 e 1991, varias organizacións europeas traballaron na elaboración de normas de codificación de vídeo dixital, tanto para a televisión dixital de definición estándar coma para alta definición. O proxecto EU 256 da CMTT (actualmente ITU-T) e o ETSI, xunto coas investigacións da cadea italiana RAI, desenvolveu un codificador-des-codificador de vídeo que transmitía vídeo en definición estándar a 34 Mbit/s e alta definición de calidade case de estudo a uns 70-140 Mbit/s. A RAI demostrou cunha emisión da copa do mundo da FIFA en marzo de 1990. Estes avances permitiron mellorar a eficiencia da transmisión dos sinais de televisión máis dun 600 % no caso da televisión de calidade normal e dun 1000 % no caso da televisión en alta definición. Nos anos seguintes conseguíranse taxas de transmisión aínda mellores.

A finais de 1991, emisoras, fabricantes de electrónica de consumo e organismos reguladores reuníronse para debater a formación dun grupo que supervisase o desenvolvemento da televisión dixital en Europa. Este grupo, chamado Grupo de Lanzamento Europeo, ampliouse para incluír os principais grupos de interese dos medios de comunicación europeos, tanto públicos coma privados, os fabricantes de electrónica de consumo, os operadores de telecomunicación e os reguladores. Este grupo redactou o Memorando de entendemento (MoU) que establecía as regras polas que se rexería este proxecto colectivo.

Por aquel entón, outro grupo, o Grupo de Traballo sobre Televisión Dixital, elaborou un estudo sobre as perspectivas e as posibilidades da televisión dixital terrestre en Europa. O informe introduciu novos conceptos importantes, como as propostas para permitir que se

atendan varios mercados de consumo diferentes ao mesmo tempo (por exemplo, a televisión portátil e a televisión de alta definición).

O proxecto DVB comezou a primeira fase do seu traballo en 1993 tendo en conta os traballos destas entidades. A tarefa inicial era desenvolver un conxunto completo de tecnoloxías de radiodifusión dixital por satélite, por cable e terrestre nun corpo de preestándares.

O sistema DVB-S para a televisión dixital por satélite acordouse en 1994, e os primeiros servizos de radiodifusión DVB en Europa comezaron na primavera de 1995 polo operador de televisión de pagamento Canal+ Francia. O sistema DVB-T de televisión dixital terrestre (TDT) acordouse máis tarde, en 1997. As primeiras emisións de DVB-T comezaron en Suecia e no Reino Unido en 1998. Os servizos de DVB-T empezaron en partes de Alemaña en 2002, e en 2003 produciuse o primeiro apagamento analóxico de Europa en Berlín.

En 1997, o desenvolvemento do proxecto DVB completa os seus traballos con resultados moi por riba dos inicialmente previstos. Unha vez que se implantan as normas DVB en Europa, o proxecto entra na súa seguinte fase, promovendo os ditos estándares abertos mundialmente. Como indicamos antes, os estándares DVB adoptáronse en máis de cincuenta países e convertéronse na referencia da televisión dixital en todo o mundo.

No noso país, o 29 de xullo de 2005 aprobouse o Plan técnico da televisión dixital terrestre que establecía as condicións de paso do sistema analóxico ao dixital e a repartición de múltiplex ás diferentes cadeas, así como a incorporación dunha nova canle analóxica á oferta existente. O plan incluía as especificacións técnicas da TDT, de acordo co estándar DVB-T, así como as condicións mínimas que se deberían incluír na convocatoria dos concursos para asignar novas canles.

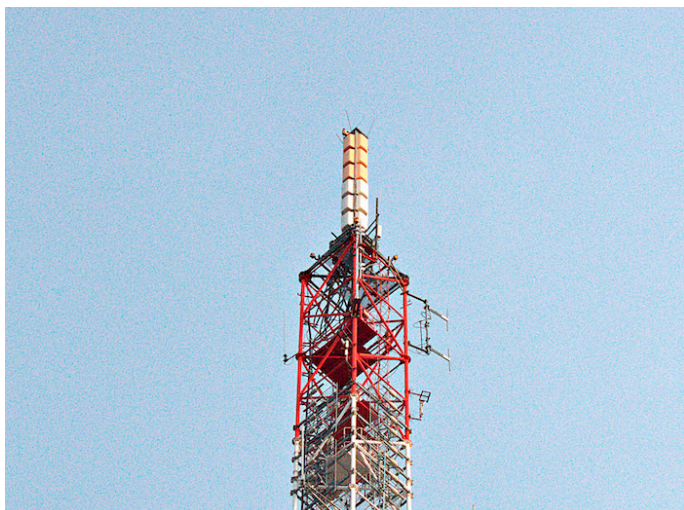
En Europa e en España elixiuse a opción de enviar por cada unha das canles analóxicas tradicionais de 8 MHz ata catro canles dixitais de definición estándar comprimidas en formato MPEG-2, multiplexadas de acordo coa norma DVB-T. Estados Unidos elixiu enviar por unha canle analóxica unha soa canle de alta definición de acordo coa súa propia norma, a do comité para sistemas de televisión avanzada de EUA.

O 25 de novembro de 2005 aprobouse a ampliación de servizos de televisión e radio dixitais e a súa localización nas distintas canles analóxicas orixinais das televisións públicas e privadas, que emitirán en período transitorio ata o 3 de abril de 2010, data do apagamento. O 30 de novembro comezaron as emisións de TDT en España, cunha oferta de vinte canles xerais, ademais das autonómicas.

Os receptores de televisión analóxicos que existían ata entón nos fogares non eran compatibles coa nova norma de televisión dixital. Como consecuencia diso, os fabricantes de electrónica de consumo e de equipamento de televisión sacaron ao mercado dispositivos descodificadores capaces de recibir os sinais dixitais e convertelos en sinais de televisión analóxica para poder visualizalos nos televisores existentes. Estas empresas obtiveron grandes beneficios debido á compra masiva de descodificadores de TDT. A finais de marzo de 2010, xusto antes do apagamento, o total de descodificadores en España superaba os 37 millóns de equipos.

Unha das vantaxes da televisión dixital fronte á analóxica é a súa maior eficiencia espectral, é dicir, a facultade de transmitir máis servizos de televisión na mesma canle radioelétrica; no noso país, catro no caso da TDT fronte a un no caso da televisión analóxica. Ademais, as características do sinal dixital fan posible un uso máis racional das canles. Por exemplo, no caso da televisión analóxica fai falta un número moi elevado de canles radioeléctricas para cubrir unha ampla zona xeográfica, xa que dous transmisores contiguos da mesma cadea non poden compartir a mesma canle, xa que se poderían producir interferencias. Pola outra banda, no caso da televisión dixital pódese utilizar a mesma canle radioelétrica para cubrir todo o país mediante redes de frecuencia única.

[Figura 3.1. Torre de telecomunicacións con antenas de radiodifusión de televisión dixital terrestre no tope (as caixas brancas e laranxas no mastro) (foto de Dids en Pexels)]



Esta situación trouxo consigo o chamado dividendo dixital. O dividendo dixital refírese ao espectro radioeléctrico que se libera no proceso de transición á televisión dixital. Como acabamos de explicar, cando as emisoras de televisión pasan da televisión analóxica ás plataformas exclusivamente dixitais tras o apagamento, liberarase parte do espectro radioeléctrico utilizado para as emisións analóxicas porque a televisión dixital necesita menos espectro ca a analóxica. Unha das razóns é que a nova tecnoloxía de compresión de vídeo dixital pode transmitir numerosos servizos dixitais, agrupados nun múltiplex, utilizando a mesma cantidade de espectro que se usa para transmitir unha canle de televisión analóxica. Con todo, a razón principal é que as transmisións dixitais requiren moita menos banda de garda a ambos os lados, xa que non son tan propensas ás interferencias de radiofrecuencia das canles adxacentes. Por iso, xa non é necesario deixar canles baleiras para protexer as emisoras unhas doutras ou

utilizar frecuencias diferentes en canles adxacentes, o que á súa vez permite reagrupar as emisoras en menos canles, deixando máis espectro contiguo para asignalo a outros servizos sen fíos.

O dividendo dixital adoita situarse, dependendo dos países, nas bandas de frecuencia de 174 a 230 MHz (VHF) e de 470 a 862 MHz (UHF). Con todo, a localización e o tamaño do dividendo dixital varían entre os países debido a factores como as características xeográficas e a penetración dos servizos de televisión vía satélite ou televisión por cable. Canto máis complicada é a orografía, precísanse de máis frecuencias para cubrir completamente unha área xeográfica, xa que as montañas impiden o paso dos sinais nas bandas de UHF e VHF. Canto máis popular é a televisión por satélite ou a televisión por cable, precísanse de menos frecuencias para cubrir unha poboación, xa que existirá menos demanda de televisión dixital terrestre.

No noso país, o plan de liberación do dividendo dixital púxose en marcha o 2 de xuño de 2011, e desde aquela data veuse producindo unha paulatina migración ou mudanza dos servizos de televisión ás novas canles radioeléctricas que debían ocupar, de maneira máis compacta.

O dividendo dixital obtido utilizouse principalmente para aumentar o espectro dispoñible para as redes de telefonía móbil celular. Para poder gozar deste dividendo en forma de novos servizos de banda larga móbil, é necesario dispoñer dun conxunto de frecuencias contiguo. En Europa determinouse que este conxunto de frecuencias estaría na banda de 800 MHz (790-862 MHz). En España, as frecuencias do dividendo dixital estaban orixinalmente espalladas, e a banda de frecuencias de 800 MHz estaba ocupada, en parte, por algunhas canles da TDT (canles 61 ao 69 de UHF). Tras a liberación, a banda de 800 MHz deixou de utilizarse para a transmisión da TDT e asignóuselles aos operadores de telefonía móbil para prestar novos servizos de banda larga de cuarta xeración (4G).

Hai que ter en conta, ademais, que a banda de 800 MHz ten un gran potencial para a subministración de servizos en mobilidade, xa que ten mellores propiedades de propagación e de penetración no interior de edificios ca as bandas con frecuencias máis altas, utilizadas na actualidade para 3G e 4G. Isto tradúcese nun servizo de banda larga máis barato e de mellor calidade para a cidadanía.

Así mesmo, a banda de 800 MHz é imprescindible para estimular o desenvolvemento dos servizos móbiles de cuarta xeración, e a creación de novas oportunidades para innovar en sectores orientados aos servizos como a saúde, a educación e o goberno electrónico. Ademais, a dispoñibilidade da banda de 800 MHz incrementará a competencia entre os provedores de servizos de banda larga, o que se traducirá nunha maior eficiencia dos mercados e dos prezos máis baixos para as usuarias e usuarios.

A Comisión Europea acordou o uso harmonizado da banda de 800 MHz, o que permitirá que gocemos de móbiles máis económicos e que o noso terminal se poida conectar con tecnoloxía 4G na banda 800 MHz en toda Europa. O desenvolvemento de instalacións LTE na banda 800 MHz polos operadores será tamén máis económico, o que posiblemente redundará en custos máis baixos do servizo para os usuarios e usuarias. Finalmente, como toda a poboación europea utilizaremos a mesma banda, reducirase o prezo dos compoñentes e por tanto dos equipos, xa que o prezo de fabricación dos compoñentes necesarios para transmitir e recibir na banda 800 MHz se reduce cantos máis compoñentes se fabriquen, debido ás economías de escala.

3.2. Telefonía móbil

A telefonía móbil xorde para prestar servizos telefónicos mediante teléfonos que se poden desprazar libremente en lugar de permanecer fixos nun lugar. Neste sentido, podemos considerar parte do servizo de telefonía móbil, ademais do servizo telefónico sobre unha rede celular, o servizo telefónico vía satélite, os servizos móbiles de emerxencias ou os servizos móbiles marítimo e aeronáutico. Como veremos, aínda que a telefonía móbil apuntaba nas súas orixes especificamente a un servizo só de voz, na actualidade isto xa non é así, e converteuse nun servizo portador para multitude de servizos de valor engadido do mesmo xeito ca a rede de telefonía fixa.

Como vimos no capítulo anterior, os teléfonos móbiles celulares cónectanse a unha rede celular terrestre de estacións base, mentres que os teléfonos por satélite se conectan a satélites en órbita. Ambas as redes están interconectadas á rede telefónica pública conmutada para poder comunicarse con calquera teléfono do mundo, fixo ou móbil. O servizo móbil marítimo tamén dispón de pasarelas para conectarse á rede telefónica pública, mentres que os servizos móbiles de

emergencias e aeronáuticos son sistemas pechados que, aínda que tamén permiten en certos casos un acceso á telefonía pública, en xeral son servizos que non están dispoñibles para o público en xeral.

As redes de telefonía móbil, polo menos as satelitais e as celulares, son por tanto parte dunha rede global de comunicacións. Estímase que na actualidade hai uns 8300 millóns de liñas móbiles activas no mundo para unha poboación duns 8000 millóns, o que converte o teléfono móbil na tecnoloxía máis estendida e no dispositivo electrónico máis común do mundo. Nos países occidentais a penetración da telefonía móbil está por encima do 100 % (hai máis liñas móbiles ca habitantes), mentres que nos países en desenvolvemento atópase entre o 75 % e o 80 %. Na maioría dos países, os teléfonos móbiles superan con fartura en número os teléfonos fixos. No caso de España, segundo datos de 2021, había 54,34 millóns de móbiles conectados, o que supón o 116,2 % da poboación. En España hai máis teléfonos móbiles ca habitantes desde 2006.

Os sistemas públicos de telefonía móbil aparecen por primeira vez nos anos posteriores á segunda guerra mundial, grazas aos avances tecnolóxicos en radiocomunicacións alcanzados antes e durante o conflito. O primeiro sistema inaugurouse nos Estados Unidos en 1946, e outros países seguiron nas décadas seguintes. En 1956, lanzouse o primeiro sistema comercial europeo de telefonía móbil en vehículos en Suecia. O Reino Unido introduciu o seu servizo de radiotelefonía manual en 1958. O teléfono en si era unha gran caixa situada no maleteiro dun vehículo que contiña válvulas e outros compoñentes electrónicos primitivos. Aínda que se estendeu un servizo manual mellorado para cubrir a maior parte do Reino Unido, a automatización non chegou ata 1981. Este servizo, non celular, baseado na tecnoloxía alemá B-Netz, estendeuse rapidamente por todo o Reino Unido entre 1982 e 1985, ata a introdución en xaneiro de 1985 de dous sistemas celulares, o servizo Cellnet de British Telecom/Securicor e o servizo Vodafone (de voz + datos + teléfono) de Racal/Millicom/Barclays. Estes sistemas celulares baseábanse na tecnoloxía estadounidense Advanced Mobile Phone Service (AMPS), cuxa tecnoloxía modificada se denominou Total Access Communication System (TACS). No caso de España, a chegada da telefonía móbil prodúcese en 1976, coa posta en servizo do teléfono automático en vehículos (TAV) pola entón Compañía Telefónica Nacional de España (CTNE). Este sistema

estaba limitado a Madrid e a Barcelona, e só se podía empregar en vehículos.

Os laboratorios Bell nos Estados Unidos foron os primeiros en propoñer unha rede de radiotelefonía celular en 1947. A principal innovación consistiu no desenvolvemento dunha rede de pequenas localizacións celulares solapadas, apoiadas por unha infraestrutura de conmutación de chamadas que rastrea o usuariado a medida que se despraza pola rede e pasa as súas chamadas dunha localización a outra sen interromper a conexión.

Os primeiros esforzos por desenvolver a telefonía móbil enfrontáronse a dous importantes retos: permitir que un gran número de persoas que chamaban utilizasen simultaneamente as relativamente poucas frecuencias dispoñibles e permitir que os usuarios e usuarias se desprazasen sen problemas dunha zona a outra sen que se interrompesen as súas chamadas. Ambos os problemas foron resoltos por Amos Joel, empregado dos laboratorios Bell, que en 1970 solicitou unha patente para un sistema de comunicacións móbiles. A primeira chamada nun teléfono móbil de man realizouna Martin Cooper o 3 de abril de 1973, entón enxeñeiro en Motorola, ao seu homólogo dos laboratorios Bell Joel S. Engel. Os laboratorios Bell instalaron a primeira rede celular de proba en Chicago en 1978. Con todo, unha consultora empresarial calculou que o mercado estadounidense de teléfonos móbiles sería de 100 000 unidades e o mundial de non máis de 200 000, baseándose na fácil dispoñibilidade de teléfonos de pagamento e no elevado custo de construción de torres de telefonía móbil. En consecuencia, os laboratorios Bell chegaron á conclusión de que a invención era de pouca ou ningunha importancia, polo que non tentaron comercializala.

Porén, o desenvolvemento dos circuítos integrados, da teoría da información e as redes celulares puxeron as comunicacións móbiles ao alcance do gran público. A comisión federal de comunicacións de EUA concedeulle a primeira licenza a ATT para o seu uso comercial en 1982 e, como parte dos acordos de desinvestimento para a disolución de ATT, esta tecnoloxía distribuíuse a outros operadores de telecomunicación. O primeiro sistema comercial inaugurouse en Chicago en outubro de 1983.

O primeiro sistema celular de primeira xeración totalmente automatizado foi o sistema de Telefonía Móbil Nórdica (NMT), lanzado en

1981 en Dinamarca, Finlandia, Noruega e Suecia. NMT foi a primeira rede de telefonía móbil con itinerancia internacional. O enxeñeiro eléctrico sueco Östen Mäkitalo empezou a traballar nesta idea en 1966, e considéraselle o pai do sistema NMT, e mesmo nalgúns foros tamén o pai do teléfono celular. En 1982, coincidindo co mundial de fútbol que tivo lugar en España, a CTNE lanzou comercialmente un servizo baseado no sistema nórdico NMT denominado TMA-450 (de telefonía móbil automática e a banda de frecuencias en que operaba, 450 MHz). Trátase do primeiro sistema de telefonía móbil celular automático desenvolto en España.

[Figura 3.2. Torre de telefonía móbil con antenas de varias xeracións (2G, 3G e 4G) (foto de Tony Mrst en Pexels)]



A finais do século xx produciuse un rápido crecemento das telecomunicacións móbiles, debido principalmente aos avances en procesamento dixital de sinais, consecuencia á súa vez do desenvolvemento da tecnoloxía de integración a moi grande escala (VLSI). A chegada da tecnoloxía celular animou os países europeos a cooperar no desenvolvemento dunha tecnoloxía celular paneuropea que rivalizase coas dos Estados Unidos e Xapón, nun modelo semellante ao do desenvolvemento dos estándares DVB. O resultado foi o sistema GSM, cuxas siglas proceden do Grupo Especial Móbil encargado das tarefas de especificación e de desenvolvemento, pero que posteriormente se denominou Sistema Global de Comunicacións Móbiles. O estándar GSM acabou por estenderse fóra de Europa para converterse na tecnoloxía celular máis utilizada no mundo e nun estándar global. A asociación das empresas do sector, a GSMA, representa actualmente 279 países e case 800 operadores de redes móbiles. A dispoñibilidade do estándar GSM, o escaso índice de penetración no mercado da telefonía móbil analóxica e os requirimentos europeos de liberalización do mercado motivaron que o goberno español lle concedese unha licenza dixital a Telefónica o 1 de xullo de 1994, e que lanzase outro concurso para a concesión dunha segunda licenza dixital.

O primeiro teléfono móbil que permitía a conexión a internet e o envío e recepción de correo electrónico, o Nokia Communicator, saíu á venda en 1996 para crear unha nova categoría de dispositivos de uso múltiple chamados teléfonos intelixentes ou *smartphones*. En 1999, NTT DoCoMo lanzou en Xapón o primeiro servizo de internet móbil, o i-Mode. En 2001, máis de 798 millóns de persoas de todo o mundo accedían a internet ou a servizos de internet móbil equivalentes, como WAP e i-Mode, polo menos ocasionalmente, utilizando un teléfono móbil en lugar dun computador persoal. En maio de 2005, Vodafone lanzaría a primeira tarifa plana para internet en mobilidade a velocidade 3G en España, con 1 GB de datos a máxima velocidade que cubriría con fartura as necesidades de entón, cunha velocidade máxima de 384 Kbps.

Entre a década de 1980 e a de 2000, o teléfono móbil pasou de ser un artigo de luxo utilizado pola elite empresarial a unha ferramenta de comunicación persoal omnipresente para a poboación en xeral. En moitos mercados, desde Xapón e Corea do Sur ata Europa, pasando por Malaisia, Singapur, Taiwán e Hong Kong, moitos dos nenos e nenas de 8 a 9 anos teñen teléfonos móbiles. Mentres que a maioría

dos proxenitores tenden a regalarlles teléfonos usados ás súas fillas e fillos máis pequenos, en Xapón xa hai desde 2007 teléfonos con cámara no mercado cuxo grupo de idade obxectivo é o de persoas menores de 10 anos. Nos Estados Unidos, preto da metade dos nenos e nenas teñen teléfono móbil. En moitos fogares de persoas adultas novas, o teléfono móbil substituíu o teléfono fixo.

Dados os altos niveis de penetración do servizo de telefonía móbil na sociedade, hoxe en día considérase un medio fundamental para que a xente se comunique entre si. A dispoñibilidade das mensaxes SMS deu lugar á subcultura do *texting* entre o usuariado máis novo, reforzada coa aparición dos servizos de mensaxaría sobre internet. En decembro de 1993, transmitiuse a primeira mensaxe de texto de persoa a persoa en Finlandia. Ademais das mensaxes integradas nos estándares de telefonía (SMS e MMS), moitos operadores ofrecen na actualidade servizos de mensaxaría instantánea para enviar mensaxes multimedia de forma sinxela, así como acceso a aplicacións de mensaxaría sobre internet de terceiros.

A pesar da explosión das comunicacións móbiles globalmente, aínda quedan algúns países onde o uso do teléfono móbil está prohibido, como Corea do Norte, ou restrinxido, como Myanmar (o país antigamente chamado Birmania).

Como os teléfonos móbiles se utilizan moitas veces en público, demostrouse que as normas sociais desempeñan un papel importante nos patróns do seu uso, á vez que o propio emprego do terminal móbil inflúe nas propias normas sociais nun proceso de realimentación mutua. Ademais, o enorme abano de terminais dispoñibles e as súas capacidades de personalización converten o teléfono móbil nun instrumento que reflicte a personalidade do propietario ou propietaria ata chegar a formar parte da súa identidade propia. Este aspecto do negocio da telefonía móbil é, en si mesmo, unha industria.

Os terminais móbiles están mesmo empezando a conquistar territorios ata o de agora vedados. Por exemplo, o uso de teléfonos móbiles nos avións está a empezar a permitirse e varias liñas aéreas xa ofrecen a posibilidade de utilizar teléfonos durante o voo. O uso de teléfonos móbiles durante os voos adoitaba estar prohibido e moitas compañías aínda afirman nos seus anuncios no avión que esta prohibición se debe á posible interferencia coas comunicacións de

radio do avión. Os teléfonos móbiles apagados non interfíren coa instrumentación dos avións. En realidade, a recomendación de que non se utilicen os teléfonos durante a engalaxe e a aterraxe, mesmo nos avións que permiten as chamadas ou a mensaxaría, ten o obxectivo de que os pasaxeiros e pasaxeiras lle presten atención á tripulación ante posibles situacións de perigo, xa que a maioría dos accidentes de aviación se producen na engalaxe e na aterraxe.

3.3. Aplicacións e servizos de internet

Internet ten moitas aplicacións relevantes. Dos múltiples servizos que se crearon desde a aparición de internet en 1968, os máis relevantes na actualidade, se temos en conta o número de persoas usuarias e o volume de datos que xeran, serían o correo electrónico, a navegación pola web, o comercio electrónico, os servizos de transmisión libre e os servizos *peer-to-peer*.

O correo electrónico, tamén coñecido como *e-mail*, é a máis utilizada e con máis éxito das aplicacións de internet. A navegación web é a aplicación que máis influíu na espectacular expansión de internet e o seu uso durante os anos noventa. O comercio electrónico, tamén coñecido como comercio por internet, refírese á compra e á venda de bens ou de servizos utilizando internet, e ás transferencias financeiras e de datos para executar estas transaccións. Os servizos de transmisión libre, coñecidos tamén como servizos *over-the-top*, son todos eses servizos e contidos, principalmente de audio e vídeo, que se provén a través de infraestruturas de banda larga das operadoras de internet, sen que as devanditas operadoras e as súas redes poidan controlar a súa distribución. Os servizos *peer-to-peer* son quizais os máis controvertidos, porque o seu uso xerou problemas relacionados co acceso e coa utilización de materiais protexidos por dereitos do autor ou autora.

Outra tendencia moi relevante, tamén consecuencia da popularización de internet, do aumento da velocidade de transmisión e da capacidade dispoñible para almacenar información é a provisión de almacenamento e de servizos na nube. Podemos ver a nube como unha capa de abstracción onde se almacenan datos e se aloxan servizos cuxa localización física real é descoñecida e transparente para o usuario ou usuaria.

Recentemente internet viu a explosión dun novo fenómeno: a tecnoloxía de cadeas de bloques ou *blockchain*. Non se trata realmente dun servizo, senón dunha solución para o almacenamento distribuído e descentralizado de información. Esta tecnoloxía dá soporte a novos produtos e servizos dispoñibles a través da web e a través de servizos de transmisión libre, que ademais empregan intercambios *peer-to-peer* para o seu desenvolvemento.

Estamos a vivir un fenómeno que pode supoñer unha revolución na maneira de acceder a todos estes servizos a través das redes de telecomunicación: o desenvolvemento do metaverso, entendido como un espazo virtual colectivo aberto, posible grazas á converxencia da realidade física e da realidade dixital mellorada virtualmente. Este espazo, cuxos alicerces son as redes de telecomunicación, é fisicamente persistente e proporciona experiencias completamente inmersivas.

3.3.1. O correo electrónico

Se se xulga polo volume de datos que move, pola súa popularidade ou o polo seu impacto na sociedade, o correo electrónico aínda é unha das principais aplicacións de internet. Isto é así a pesar de que as tecnoloxías subxacentes non se modificaron de maneira importante desde principios dos anos oitenta do século pasado. O continuo e rápido crecemento do uso e volume do correo electrónico viuse impulsado por dous factores. O primeiro é que se pode considerar omnipresente, xa que se utiliza en practicamente todas as actividades no mundo dixital como enderezo electrónico. En segundo lugar, porque todos os dispositivos que utilizamos para acceder ás redes proporcionan acceso a este medio de comunicación persoal.

O volume de correo electrónico tamén segue a aumentar porque crece o número do usuariado e porque os usuarios e usuarias teñen agora a posibilidade de achegar documentos e arquivos de calquera tipo ás mensaxes de correo electrónico. Aínda que isto é posible desde hai moito tempo, a formulación das extensións multipropósito de correo de internet (MIME) e a súa adopción por parte dos desenvolvedores de soporte lóxico (*software*) facilitou moito o envío e a recepción de arquivos adxuntos. O resultado é que o volume de tráfico xerado polo correo electrónico, medido en termos do número de paquetes de datos que se moven a través da rede, aumentou drasticamente nos últimos anos.

O correo electrónico converteuse nunha parte importante das comunicacións persoais para centos de millóns de persoas, que substitúe instrumentos de comunicación tradicionais como as cartas ou as chamadas telefónicas. No ámbito empresarial, o correo electrónico converteuse nun importante medio publicitario, sobre todo nos casos en que a demanda de produtos e de servizos é sensible ao tempo. Por exemplo, as entradas para un próximo evento deportivo comercialízanse enviándolles ás persoas afeccionadas unha mensaxe de correo electrónico con información sobre a dispoñibilidade e os prezos das entradas. Ademais, o correo electrónico serve, de forma menos evidente, como base para algunhas das aplicacións de colaboración máis importantes que se desenvolveron. O enderezo de correo electrónico, xunto co número de móbil, son instrumentos habituais para realizar notificacións legais por parte de administracións públicas como a Xunta de Galicia.

De todos os xeitos, as aplicacións de mensaxaría instantánea e as baseadas na voz desempeñan un papel cada vez máis importante en internet, e o correo electrónico será sen dúbida unha das aplicacións máis afectadas. De feito, a xente nova practicamente xa non utiliza o correo electrónico para a comunicación social e familiar, percibíndose este como un medio de comunicación formal en contextos como o escolar ou o administrativo. As aplicacións de mensaxaría instantánea, actualmente personificadas por WhatsApp, Telegram, WeChat ou Messenger, tamén lles permiten aos usuarios e usuarias compartir diferentes tipos de arquivos (vídeos, imaxes, sons, páxinas web), transmitir contidos e utilizar internet como medio de telefonía, así como intercambiar mensaxes con outras usuarias e usuarios en tempo real e participar en salas de chat en liña.

3.3.2. A web

A web é outra aplicación de internet de vital importancia. A diferenza do correo electrónico, que se desenvolveu e que se estandarizou nos primeiros días non comerciais de internet, a web desenvolveuse nunha contorna altamente comercializada dominada por empresas como Microsoft, Netscape ou Google, e fortemente influenciada polo World Wide Web Consortium (W3C). Aínda que estas empresas desempeñaron un papel importante no desenvolvemento da web nas súas orixes, sobre todo desde a perspectiva do público, a influencia

do W3C foise consolidando co tempo ata converterse no verdadeiro motor da evolución da web.

Fundado en 1994 por Tim Berners-Lee, o arquitecto orixinal da web, o obxectivo do W3C foi desenvolver tecnoloxías interoperables que leven a web ao seu máximo potencial como foro de comunicación, colaboración e intercambios comerciais. O que o W3C conseguiu con éxito foi desenvolver e promover a adopción de novos estándares abertos para os documentos baseados na web. Estes estándares foron deseñados para facer que os documentos web sexan máis expresivos (utilizando as follas de estilo en cascada ou CSS), para proporcionar unha etiquetaxe estandarizada para que os usuarios e usuarias teñan un sentido máis explícito do contido dos documentos (Platform for Internet Content Selection ou PICS), e para crear a base de deseños máis interactivos (Extensible Markup Language ou XML). De fronte ao futuro, un dos principais obxectivos do W3C é desenvolver capacidades acordes coa crenza de Berners-Lee de que a web debe ser un espazo de información altamente colaborativo.

Na actualidade Google Chrome, Safari de Apple, Edge de Microsoft e Firefox dominan o mercado de navegadores Web. Google Chrome é o líder indiscutible cun 65 % da cota de mercado, a gran distancia dos seus competidores. Durante os primeiros anos de crecemento da web, a competencia entre Microsoft e Netscape polo mercado dos navegadores foi feroz, e ambas as empresas investiron moito no desenvolvemento dos seus respectivos navegadores. Os cambios nas condicións empresariais cara a finais dos anos noventa e o crecente interese polos novos modelos de intercambio de información en rede fixeron que cada empresa se centrara menos no desenvolvemento de navegadores web, o que provocou unha marcada retardación do seu desenvolvemento e unha crecente disparidade entre os estándares desenvolto polo W3C e o soporte ofrecido por Internet Explorer ou Netscape Navigator. Microsoft e Netscape chegaron a dominar o mercado de navegadores Web a principios deste século. Internet Explorer, de Microsoft, chegou a acaparar preto de tres cuartas partes do mercado, mentres Netscape posuía practicamente todo o resto, salvo unha pequena fracción.

Nun futuro non moi afastado, o navegador web pode chegar a ser irrelevante, xa que os desenvolvedores de estándares e os programadores elaboran as súas aplicacións en rede de maneira que se elimina

a necesidade de dispoñer dun navegador polivalente como interface. De feito, as tecnoloxías detrás de moitas das aplicacións móbiles ou de escritorio de servizos de transmisión libre como YouTube ou Netflix son as mesmas que se utilizan para proporcionar acceso a eses servizos a través do navegador web. Espérase que a medida que tecnoloxías como JavaScript, HTML5, CSS ou Node.js se van expandindo, as interaccións dun usuario ou usuaria final coa web estarán encapsuladas en gran medida en aplicacións de escritorio ou en aplicacións en mobilidade, que obteñen documentos aloxados na rede e que invocan servizos específicos na rede. A web, entendida como a tea de araña composta por milleiros de documentos e de servizos enlazados entre si, xa é accesible por moitas aplicacións máis aló dos navegadores.

As iniciativas de código aberto teñen importantes implicacións para o futuro desenvolvemento da web. Coa dispoñibilidade con poucas ou ningunha restricións de acceso de linguaxes de programación como Java, JavaScript ou Python, e de contornas de desenvolvemento como Laravel, Angular, Ruby, Django ou Node.js, pódense engadir servizos novos ou mellorados rapidamente e con relativa facilidade. Ademais, o desenvolvemento do código aberto acelerou os esforzos para integrar as aplicacións de acceso á web coas fontes de datos. Estes esforzos, cuxo obxectivo é reducir as distincións funcionais entre os recursos locais e os accesibles pola rede, poden considerarse un elemento importante no desenvolvemento do espazo de información sen fisuras co que Berners-Lee soñaba cando concibiu a web.

3.3.3. O comercio electrónico

O comercio electrónico é a actividade de compra ou venda electrónica de produtos en servizos en liña ou a través de internet. O comercio electrónico baséase en tecnoloxías como o comercio móbil, a transferencia electrónica de fondos, a xestión da cadea de subministración por medios electrónicos, a mercadotecnia dixital, o procesamento de transaccións dixitais, o intercambio electrónico de datos, os sistemas de xestión de inventarios e os sistemas automatizados de recollida de datos. Do mesmo xeito que a telefonía celular, o comercio electrónico está impulsado á súa vez polos avances tecnolóxicos en microprocesadores, e é o maior sector da industria dixital na actualidade.

O comercio electrónico adoita utilizar a web para polo menos unha parte do ciclo de vida dunha transacción, aínda que tamén pode utilizar como soporte outros servizos de internet, como o correo electrónico. As transaccións típicas de comercio electrónico inclúen a compra de produtos, por exemplo de libros ou xoguetes nunha tenda en liña, ou servizos como a reserva de voos e de hoteis ou as descargas de música de plataformas de distribución dixital.

A principal vantaxe do comercio electrónico para o público consumidor reside na posibilidade de comprar e de pagar a distancia a través de internet, aforrándolles tempo e desprazamentos á clientela e ás empresas, e mellorando en gran medida a eficiencia das transaccións. O comercio electrónico permite superar as barreiras xeográficas e adquirir produtos e servizos en calquera momento e desde calquera lugar.

A transición do comercio tradicional ao electrónico non consiste simplemente en trasladar as transaccións tradicionais a internet apoiándonos nos avances en telecomunicacións. De feito, os mercados en liña e os tradicionais teñen estratexias moi diferentes para sacar adiante o seu negocio. As tendas tradicionais ofrecen un menor fornecido de produtos debido ao espazo necesario para o seu almacenamento, mentres que os retalistas en liña non adoitan ter existencias, senón que lle trasladan os pedidos directamente ao fabricante. As estratexias de prezos tamén son diferentes en ambos os tipos de distribución, xa que os retalistas tradicionais calculan os seus prezos fundamentalmente en función do tráfico da tenda e o custo de manter o inventario, mentres que as tendas en liña basean os seus prezos en función dos custos loxísticos para garantir rapidez nas entregas e a experiencia da clientela nos procesos de compra e de devolución de produtos. A loxística no comercio electrónico ten que ver principalmente co cumprimento dos compromisos de entrega e de reembolso. O reto consiste en atopar a maneira máis efectiva posible, ao menor custo posible, de completar os pedidos e entregar os produtos.

Podemos identificar tres modalidades principais de comercio electrónico: a venda retalista en liña, os mercados electrónicos e as poxas en liña. A venda retalista en liña (B2C) é a modalidade máis coñecida polo gran público, e é a que tratamos aquí. Neste tipo de comercio

tamén é habitual a recollida e o uso de datos demográficos a través de contactos web e redes sociais.

Os mercados electrónicos son sistemas de información utilizados por múltiples entidades diferentes en diversos sectores para realizar intercambios. Nestes mercados, procésanse tipicamente compravendas de empresa a empresa (B2B) e realízanse intercambios electrónicos de datos entre empresas B2B (p. ex., para manter actualizados inventarios e catálogos, para negociar prezos almacenistas, para compensar pagamentos entre empresas etc.).

As poxas en liña, pola súa banda, son poxas realizadas a través de internet e ás que se accede mediante dispositivos conectados á rede. Do mesmo xeito ca as poxas presenciais, as poxas en liña poden ser de varios tipos, de prezo ascendente, de prezo descendente, de poxa pechada etc., tipos que non teñen por que ser excluíntes entre si.

Ademais das modalidades anteriores, podemos atopar versións electrónicas de practicamente calquera tipo de relación comercial no mundo físico. Os exemplos de comercio electrónico máis populares consisten na venda retallista directa ao público consumidor a través de sitios web e aplicacións móbiles (p. ex., Amazon, Aliexpress, Privalia etc.) e a compravenda entre particulares (C2C) de produtos de segunda man (p. ex. Wallapop, eBay). Tamén podemos atopar solucións de comercio conversacional a través de chat en vivo, *chatbots* e asistentes de voz, o envío de publicidade e de ofertas a clientes potenciais identificados mediante técnicas de análise demográfica, ou a participación na venda anticipada para o lanzamento de novos produtos e servizos, entre moitos outros.

En practicamente todo o mundo o comercio electrónico está a crecer moito máis rapidamente ca o comercio tradicional. No noso país, a facturación do comercio electrónico en 2021 ascendeu a 57 700 millóns de euros, cun incremento do 11,7 % respecto de 2020, segundo datos da Comisión Nacional dos Mercados e a Competencia (CNMC). Os sectores que representaron a maior parte dos ingresos foron as pezas de vestir, cun 8 % da facturación total, os servizos auxiliares á intermediación financeira (6,6 %), pagamentos en liña, empréstitos, puntos de venda virtuais etc.) e as axencias de viaxes e operadores turísticos (5,3 %). En total, producíronse 1187 millóns de transaccións, un récord histórico cun último trimestre do ano 2021

sen precedentes, con 334 millóns de operacións realizadas, un 8,6 % máis ca a finais do ano 2020.

3.3.4. Os servizos de transmisión libre

Un servizo de transmisión libre ou *over-the-top* (OTT) é un servizo en liña ofrecido directamente aos usuarios e usuarias a través de internet, por encima (*over-the-top*) do servizo de internet ofrecido polos operadores de telecomunicación, de maneira independente destes. Por exemplo, os servizos OTT multimedia como Netflix, Amazon Primeiro Vídeo ou Filmin non usan as plataformas de televisión por cable, por televisión e por satélite, empresas que tradicionalmente actúan como controladores ou distribuidores dos devanditos contidos. Nestes casos, o termo correspóndese co concepto de servizos de vídeo baixo demanda (VoD), xeralmente por subscrición, que ofrecen acceso a contidos de cinema e de televisión, incluíndo series existentes adquiridas a outros produtores, así como contidos orixinais producidos especificamente para o servizo.

Os servizos OTT multimedia tamén engloban un conxunto de servizos de multimedia lixeiros que ofrecen acceso a transmisións en directo de canles especializadas, de forma similar a un provedor tradicional de televisión por satélite ou por cable, pero transmitidos a través da rede pública de internet, en lugar dunha rede pechada e privada. Exemplos deste tipo de servizos serían YouTube, TikTok ou Twitch.

Tamén se emprega o termo OTT para referirse ás comunicacións entre persoas, de texto ou voz, que non utilizan estes servizos do operador, senón que usan directamente a rede de internet. Con iso, os operadores de telefonía non poden facturar de maneira independente por estes servizos, senón que todas as comunicacións se cobran como datos, en moitos casos cun modelo de tarifa plana. Exemplos destes servizos serían WhatsApp, Telegram, Messenger e os servizos de videoconferencia como Skype, Zoom, Teams ou Google Meet.

Para acceder a estes servizos, as usuarias e usuarios adoitan utilizar navegadores web en computadores persoais ou portátiles, así como aplicacións en dispositivos móbiles como teléfonos intelixentes e tabletas, reprodutores multimedia dixitais, incluídas as consolas de videoxogos ou televisores con plataformas Smart TV integradas. En calquera caso, como comentabamos antes, as tecnoloxías

subxacentes para proporcionar estes servizos son as mesmas independentemente da plataforma de acceso. Podemos incluso dicir que estes servizos forman parte da web.

A popularización dos televisores intelixentes ou Smart TV, xunto co desenvolvemento das plataformas de contidos multimedia, trouxo consigo un novo modelo de consumo audiovisual. Xa non acendemos a televisión para seleccionar unha canle tradicional, senón que lanzamos a nosa plataforma audiovisual de referencia, a través da aplicación específica para o noso receptor, para gozar de series ou películas da nosa elección.

3.3.5. Os intercambios *peer-to-peer*

Un dos servizos de internet máis populares, e quizais o máis controvertido, é o intercambio directo entre usuarios e usuarias a través de redes entre iguais (*peer-to-peer* en inglés). As redes entre iguais baséanse no uso compartido de recursos físicos, como discos duros, capacidade de procesamento e arquivos individuais entre computadores e outros dispositivos intelixentes. A diferenza das redes cliente-servidor ou do almacenamento distribuído na nube, nas que algúns computadores se dedican a dar servizo a outros, nas redes entre iguais cada computador ten capacidades e responsabilidades equivalentes. Os pares poñen unha parte dos seus recursos, como a potencia de procesamento, o almacenamento en disco ou o largo de banda da rede, directamente ao dispor doutros participantes da rede, sen necesidade dunha coordinación central por parte de servidores ou nodos estables. O usuariado é tanto provedor coma consumidor de recursos, en contraste co modelo tradicional cliente-servidor no que o consumo e a subministración de recursos están separados.

Aínda que os sistemas P2P xa se utilizaron en moitos ámbitos de aplicación, a arquitectura popularizouse co sistema de intercambio de arquivos Napster, lanzado orixinalmente en 1999. O concepto inspirou novas estruturas e filosofías en moitos ámbitos da interacción humana. Nestes contextos sociais, o termo *peer-to-peer* refírese á rede social igualitaria que xurdiu en toda a sociedade, posibilitada polas tecnoloxías de internet en xeral. O movemento *peer-to-peer* permitiulles a millóns de persoas usuarias de internet conectarse directamente con outras usuarias, formando grupos e colaborando

para converterse en motores de procura, supercomputadoras virtuais e sistemas de arquivos creados por elas.

Na actualidade utilízanse dous modelos básicos de P2P. O primeiro modelo baséase nun computador central que coordina o intercambio de arquivos mediante a indexación dos arquivos dispoñibles nunha rede de computadores controlados por usuariado final. Este modelo foi moi controvertido porque se empregou amplamente para apoiar o intercambio sen licenza de contidos e de aplicacións *software* protexidos por dereitos de autor. No segundo modelo, que pode resultar moito máis relevante, as aplicacións *peer-to-peer* agregan e utilizan recursos que doutro xeito estarían ociosos. Para iso adóitanse utilizar dispositivos sinxelos que colaboran para proporcionar conxuntamente capacidade de cálculo ou almacenamento con determinado obxectivo. Por exemplo, un protector de pantallas especialmente deseñado que se execute nun computador conectado a internet pode empregarse para procesar datos astronómicos ou médicos.

As redes *peer-to-peer* xeralmente implementan algunha forma de rede virtual superposta sobre a topoloxía de internet, onde os nodos da superposición se corresponden cun subconxunto dos nodos da rede física. Os datos séguense intercambiando directamente a través da rede internet subxacente, pero na capa de aplicación os pares poden comunicarse entre si directamente, a través das ligazóns lóxicas de superposición, cada unha das cales corresponde a unha ruta a través da rede física subxacente. De acordo co modelo en capas da figura 1.2, a rede virtual superposta coas ligazóns lóxicas de superposición estaría na capa de aplicación. As ligazóns superpostas utilízanse para a indexación e para o descubrimento de pares, e fan que o sistema P2P sexa independente da topoloxía da rede física. En función de como se vinculan os nodos entre si dentro da rede superposta, e de como se indexan e localizan os recursos, podemos clasificar as redes como non estruturadas ou estruturadas, ou como un híbrido entre ambas.

As redes *peer-to-peer* non estruturadas non impoñen unha estrutura particular na rede superposta, senón que están formadas por nodos que forman conexións ao azar entre si. Exemplos deste tipo de redes serían Gnutella, Gossip e Kazaa.

Como non hai unha estrutura imposta globalmente, as redes non estruturadas son fáciles de construír e permiten optimizar os recursos de maneira local en diferentes rexións da superposición. Ademais, dado que o papel de todos os pares na rede é o mesmo, as redes non estruturadas son moi robustas cando un gran número de pares se unen e abandonan a rede con frecuencia.

Con todo, as principais limitacións das redes non estruturadas xorden precisamente desta falta de estrutura. En concreto, cando un usuario ou usuaria quere atopar unha información precisa na rede de pares, a consulta de procura débese diseminar a través de toda a rede para atopar tantos pares como sexa posible que compartan esa información. Esta diseminación por toda a rede de pares provoca unha cantidade moi elevada de tráfico de sinalización, utiliza máis recursos de cálculo ao requirir que cada par procese todas as consultas de procura, e non garante que os datos se acaben localizando sempre. Ademais, como non hai correlación entre un par e o contido que ese par xestiona, non hai garantía de que a diseminación da procura atope unha usuaria ou usuario que teña os datos desexados. É probable que os contidos populares estean dispoñibles en varios pares e que calquera par que os busque os acabe atopando, pero se unha persoa usuaria busca datos pouco frecuentes, compartidos só por unhas poucas usuarias, é moi pouco probable que a procura teña éxito.

Nas redes estruturadas *peer-to-peer*, a superposición de nodos orgánizase nunha topoloxía específica, e o protocolo garante que calquera nodo poida buscar eficientemente determinado arquivo ou recurso compartido na rede, mesmo se o recurso é extremadamente pouco frecuente.

O tipo máis común de redes P2P estruturadas implementa unha táboa de *hash* distribuída na que se asigna cada arquivo ou recurso a un *peer* concreto. Isto permítelles aos usuarios e usuarias buscar recursos na rede utilizando a citada táboa. Noutras palabras, as relacións entre o usuariado e os recursos asignados almacénanse nunha táboa compartida, e calquera usuario ou usuaria da rede P2P pode recuperar eficientemente o recurso asociado a un usuario ou usuaria determinado.

De todos os xeitos, para encamiñar o tráfico de forma eficiente a través da rede, os nodos dunha superposición estruturada deben manter

listaxes de veciñanza que satisfagan criterios específicos. Isto fainos menos robustos en redes cun alto índice de rotación, é dicir, cun gran número de usuarios e usuarias que se unen e abandonan a rede con frecuencia.

Entre as redes distribuídas máis destacadas que utilizan este modelo atópanse Tixati, unha alternativa ao rastrexador distribuído de BitTorrent, a rede Kad, a rede de *bots* Storm, YaCy e a rede de distribución de contidos Coral. As redes estruturadas tamén se utilizaron amplamente para lograr un descubrimento eficiente de recursos para os sistemas de computación na nube, xa que axuda á xestión de recursos e á programación de aplicacións.

Ultimamente, as redes *peer-to-peer* experimentaron un rexurdir máis aló do intercambio de recursos multimedia debido á popularización das criptomoedas baseadas en cadeas de bloques. Por exemplo, a criptomoeda Bitcoin é en definitiva unha rede *peer-to-peer* construída sobre a propia internet. Está xestionada e controlada por todos os pares que aceptan participar. Todos os nodos están conectados nunha topoloxía plana, o que significa que non hai xerarquía, servizos centralizados, ou calquera cousa que implique unha autoridade central, grazas ao modelo descentralizado das redes *peer-to-peer*.

Unha rede descentralizada presenta aspectos valiosos que resultaron fundamentais para a consolidación das criptomoedas. Para empezar, en xeral son tecnoloxías robustas, gratuítas e de acceso aberto, de maneira que calquera pode unirse a elas e desenvolver novos contidos e aplicacións. Ademais son seguras e inmutables, e son abertas e transparentes á vez que proporcionan anonimato. As redes descentralizadas tamén resolven moitos problemas aos que se enfrontan diversos sectores como as institucións públicas, as entidades financeiras, os mercados de capitais, as compañías de seguros, as cadeas de subministración, a mensaxaría instantánea, a comunicación de voz, a transmisión de medios, a colaboración, a ciencia e a investigación, e a computación de alto rendemento, por nomear só algúns.

3.3.6. A computación na nube

Antes adoitabamos almacenar os nosos datos en discos nunha computadora, ou en dispositivos como discos duros portátiles, lapis de memoria ou discos ópticos. Os servizos de *cloud computing* ou

servizos na nube substituíron estas tecnoloxías de almacenamento local. O servizo de computación na nube consiste basicamente en proporcionar servizos como almacenamento, bases de datos, servidores, redes e software corporativo ou funcionalidades de aplicacións a través de internet.

Na nosa rutina diaria, usamos servizos na nube sen moitas veces ser conscientes diso, como o servizo de correo electrónico baseado na web, ao ver películas a través de internet nunha plataforma *over-the-top*, ou cando editamos documentos e almacenamos imaxes nun servizo de almacenamento como Google Drive, iCloud ou DropBox. Se usamos as tecnoloxías de nube, podemos deseñar e crear novas aplicacións, almacenar e recuperar datos ou aloxar portais web sen necesidade de dispoñer de recursos de almacenamento ou de computación propios.

A tecnoloxía das nubes non caeu do ceo. É o resultado dunha progresión nos sistemas informáticos aloxados de forma remota, onde unha organización posúe soporte físico ou hardware (servidores, almacenamento) que se atopa nun centro de datos remoto ao cal se accede a través de circuítos de datos privados ou da internet pública. O centro de datos está deseñado para garantir que se satisfán os requisitos de enerxía, refrixeración e seguridade física.

Para rendibilizar o seu investimento, o titular deste centro de datos remoto ofrece un servizo que lles permite a outras organizacións adquirir, instalar e administrar de forma remota todo o soporte físico relacionado coa súa actividade. Esta é a mellor solución cando é demasiado custoso dispoñer do espazo e dos recursos para administrar un centro de datos nas instalacións de determinado usuario, institución ou empresa. Tamén é ideal para establecer un segundo centro de datos redundante para garantir unha alta dispoñibilidade.

Este primeiro modelo evoluciona coa posibilidade de ofrecerlle á clientela servidores virtuais para executar aplicacións informáticas ou para dispoñer de almacenamento, facilitando o acceso a través de internet pública con ferramentas de comunicación seguras e redes privadas virtuais. Adóitanse ofrecer tarifas flexibles de hospedaxe a curto ou longo prazo. O cliente administra o soporte físico de forma remota e outorga licenzas, instala e administra o soporte lóxico.

Finalmente, evolucióname ao modelo de computación na nube, onde o provedor de servizos posúe e controla todos os sistemas, incluíndo servidores, dispositivos de almacenamento, redes, sistemas operativos, software de aplicación e bases de datos. Proporcionase acceso a través de internet, mediante un modelo de subscrición. Esta é a mellor solución para reducir os custos de operación e os recursos de administrador dos sistemas informáticos, á vez que mellora a confianza e a seguridade dos devanditos sistemas.

Do mesmo xeito que con calquera cambio tecnolóxico, mudarse á nube ten os seus puntos positivos, pero tamén ten os seus aspectos negativos. Por exemplo, moverse á nube pode custarlles máis ás organizacións no curto prazo se as obrigan a comprar sistemas pechados de determinado provedor. Tamén pode percibirse unha sensación de dispoñer dun menor control e protección sobre os nosos contidos ou os nosos datos, xa que despois de todo estamos a confiar en alguén externo para que se encargue deles. Isto pode ser moi relevante no caso de empresas ou de institucións europeas que xestionan datos de carácter persoal cando o seu provedor na nube está fora da Unión Europea, xa que poden darse situacións de violacións do regulamento europeo de protección de datos.

De todos os xeitos, tras case unha década desde a introdución da computación na nube, podemos dicir que os beneficios superan os inconvenientes. A nube outórgalles máis autonomía aos individuos e ás organizacións. Ademais, coa computación na nube é máis sinxelo configurar contornas de colaboración entre as persoas para compartir información, desenvolver coñecemento de maneira conxunta, ou simplemente comunicarse.

Na actualidade existen varios provedores relevantes de servizos de computación na nube, moitos deles operando como tales desde hai máis dunha década. Entre os máis populares estarían Kamatera, Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform, Adobe, VMWare, SAP, Salesforce, IBM Cloud ou Dropbox.

En xeral, os servizos de computación na nube clasifícanse en tres tipos. O primeiro deles sería o modelo de infraestrutura como servizo (IaaS). Este modelo proporciona infraestrutura como servidores, sistemas operativos, máquinas virtuais, redes e almacenamento en réxime de alugueiro. Como exemplos relevantes teríamos os servizos web de Amazon ou Microsoft Azure.

Outra modalidade sería a computación na nube como plataforma como servizo (PaaS). Este caso é habitual para o desenvolvemento, proba e mantemento de aplicacións informáticas. PaaS sería similar ao anterior (IaaS), pero tamén proporciona ferramentas adicionais, como bases de datos e servizos de intelixencia de negocio; é dicir, servizos para axudar as organizacións a analizar os datos históricos e presentes, de modo que poidan descubrir rapidamente información procesable para tomar decisións estratéxicas. As plataformas PaaS na nube facilitan o procesamento de grandes conxuntos de datos de múltiples fontes e a presentación dos resultados en formatos visuais que son fáciles de entender e de compartir. Exemplos de PaaS serían Microsoft Azure (tamén ofrece esta modalidade), AWS Lambda de Amazon, Google App Engine, Dokku ou Salesforce Lightning.

Finalmente, teríamos a modalidade de ofrecer as aplicacións informáticas como un servizo (*software as a service* ou SaaS). Con esta modalidade, as usuarias e usuarios conéctanse ás aplicacións a través de internet mediante unha subscrición. Exemplos ilustrativos serían as aplicacións do ecosistema Google, Microsoft 365 ou Salesforce.

3.3.7. As cadeas de bloques

Unha cadea de bloques ou *blockchain* é unha listaxe crecente de rexistros, denominados bloques, que están enlazados de forma segura mediante criptografía. Cada bloque contén un resumo criptográfico (*hash*) do bloque anterior, unha marca de tempo (información sobre o momento en que foi creado) e os datos da transacción rexistrada no bloque. A marca de tempo demostra que os datos da transacción existían cando o bloque se publicou para engadirse á cadea. Como cada bloque contén información sobre o bloque anterior, forman efectivamente unha cadea (*chain*), na que cada bloque adicional reafirma os anteriores. A figura 3.3 mostra un exemplo de cadea de bloques simplificada.

As cadeas de bloques son resistentes á modificación dos seus datos porque, unha vez rexistrados, os datos dun bloque determinado non poden ser alterados retroactivamente sen alterar todos os bloques engadidos a continuación. Por dicilo doutro xeito, se se modifica o contido dun bloque, modifícase o seu resumo criptográfico, co cal habería unha inconsistencia no bloque seguinte, xa que a súa copia do resumo criptográfico do bloque anterior non coincidiría co novo.

As cadeas de bloques adoitan xestionarse por unha rede de pares (*peer-to-peer*) para usar como libro de rexistro distribuído e público, onde os nodos se adhiren colectivamente a un protocolo para comunicarse e validar novos bloques. Aínda que os rexistros das cadeas de bloques non son inalterables, xa que en principio sería posible introducir bifurcacións na cadea, as cadeas de bloques poden considerarse seguras polo seu deseño e son un exemplo de sistema informático distribuído con alta tolerancia aos fallos bizantinos, é dicir, moi resistente a fallos como consecuencia de que algúns dos nodos non se comporten como se espera deles.

Ao almacenar os datos a través da súa rede de pares, as cadeas de bloques evitan os riscos dos sistemas centralizados. Un dos principais riscos dun sistema centralizado é o chamado ataque do 51 %, no que unha entidade central podería obter en calquera momento o control da maioría dos nodos e con iso estar en condicións de manipular bloques de datos concretos a vontade, permitindo por exemplo o dobre gasto no caso das criptomoedas. Noutras palabras, se un *hacker* se fixese co control do nodo central, estaría en condicións de perverter o funcionamento de toda a rede.

Por outra banda, as cadeas de bloques entre pares carecen de puntos de vulnerabilidade centralizados que os *hackers* informáticos poidan explotar. Os métodos de seguridade das cadeas de bloques inclúen o uso de criptografía de clave pública utilizada tamén para as firmas dixitais e a autenticación de documentos noutros ámbitos. Utilízanse claves públicas (unha longa cadea de números de aspecto aleatorio) como enderezos na cadea de bloques. Os *tokens* de valor enviados a través da rede (criptomoedas, *tokens* non funxibles etc.) rexístranse como pertencentes a ese enderezo. A clave privada correspondente a esa clave pública é como un contrasinal que lle dá ao seu propietario acceso aos seus activos dixitais ou os permisos necesarios para interactuar coas diversas capacidades que soportan as cadeas de bloques, por exemplo a capacidade de crear contratos intelixentes (*smart contracts*). Con este sistema, os datos almacenados nunha cadea de bloques considéranse xeralmente incorruptibles.

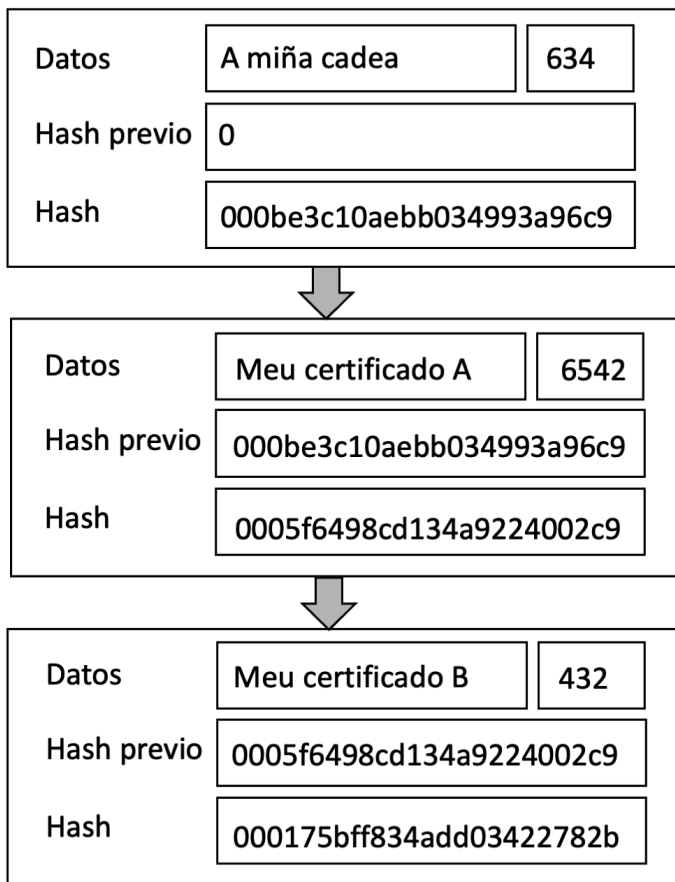
Este modelo ten como contrapartida que, se por algunha razón se perdese a clave privada correspondente á clave pública asociada a determinados activos dixitais nunha cadea de bloques, resultará absolutamente imposible recuperar os citados activos.

Cada nodo dun sistema descentralizado ten a súa propia copia da cadea de bloques. Noutras palabras, a calidade dos datos garántese mediante a replicación masiva da base de datos. Non existe unha copia oficial centralizada e non se confía en ningunha copia dun usuario ou usuaria máis ca en calquera outra. As transaccións transmitense á rede mediante un software especial, de xeito que as mensaxes que codifican esas transaccións envíanse á rede coa esperanza de que calquera usuario as reciba. Con iso é suficiente.

O concepto de proba de traballo foi adaptado posteriormente ás cadeas de bloques como un dos mecanismos de consenso para confirmar transaccións e producir novos bloques na cadea. Coa proba de traballo, os mineiros compiten entre si para validar as transaccións e seren recompensados. A probabilidade de ser seleccionado para construír o seguinte bloque, e cobrar por iso unha comisión, está vinculada á potencia de cálculo dispoñible.

Un exemplo de proba de traballo consiste en tentar xerar un *hash* ou resumo criptográfico do contido do bloque cunhas características moi determinadas (p. ex., un número determinado de bits a cero ao principio do *hash*). No exemplo da figura 3.3, a proba de traballo consistiría en obter un *hash* con tres ceros á esquerda. Para iso, mediante proba e erro, vaise engadindo un número (un *nonce*) aos datos ata lograr que o resumo criptográfico xerado a partir deses datos máis ese número teña a cantidade correcta de ceros.

[Figura 3.3. Exemplo simplificado de cadea de bloques. O número á dereita dos datos (nonce) engádeno os mineiros para obter unha proba de traballo, neste caso un hash con tres 000 á esquerda.]



O gañador dunha rolda de minado agrega e rexistra as transaccións pendentes no seguinte bloque, cobrando unha comisión por iso. Dado que o gañador se elixe de forma aleatoria e proporcional ao traballo realizado, incentívase a todos os membros da rede para que actúen con honestidade e rexistren só as transaccións reais.

Á parte da proba de traballo, desenvolvéronse posteriormente outros métodos de consenso como a proba de participación. Neste caso, trátase dun mecanismo de consenso que asigna aleatoriamente o nodo que minará ou validará as transaccións dun bloque en función do número de elementos (*tokens*) que posúa ese nodo. Cantos máis *tokens* teña un nodo, máis poder de minaría se lle outorga. Aínda que a proba de participación consome moitos menos recursos, ten outros defectos, como a maior posibilidade dun ataque do 51 % en redes pequenas e os incentivos que xera para acumular *tokens* e non utilízalos.

De todos os xeitos, o crecemento dunha cadea de bloques descentralizada vai acompañado do risco de centralización, xa que os recursos informáticos necesarios para procesar maiores cantidades de datos se volven máis caros.

As cadeas de bloques foron popularizadas en 2008 por unha persoa (ou grupo de persoas) que utilizou o nome de Satoshi Nakamoto para servir como libro maior distribuído das transaccións públicas da criptomoneda bitcoin, a partir dun traballo previo de Stuart Haber, W. Scott Stornetta e Dave Bayer. Hoxe en día, a identidade real de Satoshi Nakamoto segue sendo descoñecida. A implementación da criptomoneda bitcoin como unha cadea de bloques converteuna na primeira moeda dixital en resolver o problema do dobre gasto (que che impide gastar varias veces unha moeda dixital, un conxunto de bits, do que podes facer todas as copias que queiras?) sen necesidade dunha autoridade de confianza ou un servidor central.

O deseño de bitcoin inspirou outras moitas criptomonedas (Ethereum, Thether, Binance Coin, XRP, Cardano, Dogecoin, Solaina etc.), ademais doutras moitas aplicacións en múltiples escenarios. Unha das máis populares son os *tokens* non funxibles ou NFT. Un *token* non funxible é un valor financeiro consistente en datos dixitais almacenados nunha cadea de bloques. A persoa propietaria dun NFT rexístrase na cadea de bloques, de maneira que poida ser transferido por esta a un

novo propietario, o que permite vender e intercambiar NFT. Calquera persoa pode crear NFT, e estes non requiren coñecementos de informática para crealos. Os NFT adoitan conter referencias a arquivos dixitais como fotos, vídeos e clips de audio.

Os NFT diferéncianse das criptomoedas en que son funxibles, xa que en definitiva non son máis que referencias a arquivos informáticos sen valor intrínseco. O seu valor de mercado está asociado ao valor que se lle queira dar ao arquivo dixital ao que se refire.

Os defensores dos NFT afirman que os NFT proporcionan un certificado público de autenticidade ou proba de propiedade, pero en xeral non hai ningunha garantía de que ao adquirir un NFT se adquiran dereitos legais sobre o contido orixinal. A propiedade dun NFT, tal e como se define na cadea de bloques, non ten un significado legal implícito, e non concede necesariamente dereitos de autoría, de propiedade intelectual ou outros dereitos legais sobre o seu arquivo dixital asociado. Un NFT non restrinxe o intercambio ou a copia do seu arquivo dixital asociado, e non impide a creación de NFT que se refiran a arquivos idénticos.

Aínda así, o mercado de NFT creceu de forma espectacular entre 2020 e 2021. O comercio de NFT en 2021 aumentou máis de 16 000 millóns de euros, un 21,000 % por encima dos 78 millóns de euros de 2020. Os NFT utilizáronse como investimentos especulativos, e suscitan críticas crecentes polo custo enerxético e a pegada de carbono asociados á validación das transaccións na súa cadea de bloques, así como polo seu frecuente uso en estafas artísticas. O mercado dos NFT tamén se comparou cunha burbulla económica ou cunha estafa piramidal. De feito, ao escribir este texto empezaban a aparecer sinais de que o mercado pode estar a empezar a colapsar.

3.3.8. O metaverso

Internet permitiu que as interrelacións entre os mundos financeiro, virtual e físico sexan cada vez maiores e que as súas fronteiras estean cada vez máis esfumadas. Os dispositivos que utilizamos para xestionar as nosas vidas darnos acceso, a través de internet, a case calquera cousa que queiramos, con só pulsar un botón.

Un metaverso é, conceptualmente, un espazo virtual 3D accesible a través da rede que conecta as usuarias e usuarios en todos os

aspectos da súa vida, a través de internet. Un metaverso integra múltiples plataformas, de forma similar a como internet engloba múltiples sitios web accesibles a través dun único navegador. O concepto desenvolveuse na novela de ciencia ficción de 1992 *Snow Crash* de Neal Stephenson, considerado por moitos o pai do movemento ciberpunk. Aínda que a idea dun metaverso foi no seu día ficción, hoxe en día está preto de facerse realidade.

O metaverso baséase na realidade aumentada, que integra con iso o espazo virtual 3D coa realidade. Cada usuario ou usuaria controla o seu propio personaxe ou avatar, quen se relaciona e actúa como o faría no mundo real. Por exemplo, a través do seu avatar, unha persoa podería ter unha reunión de realidade mixta cunhas lentes de realidade virtual na súa oficina dixital, xogar tras a xornada laboral cun xogo en liña, e logo xestionar as súas finanzas cunha aplicación de banca en liña, todo iso dentro do metaverso.

É posible observar moitos aspectos do metaverso nos mundos virtuais dos videoxogos en liña actuais de tipo mundo aberto ou de itinerancia libre. Trátase de videoxogos que ofrecen unha ampla marxe para interactuar e ser creativo, normalmente sen ningún obxectivo predeterminado ou cun obxectivo que o xogador ou xogadoras se fixa, non imposto polo xogo. Xogos como Minecraft ou Roblox, ou mesmo ferramentas de socialización laboral como Gather, modelan moitas das características das nosas vidas no mundo real. Aínda que estas aplicacións non son estritamente metaversos, con elas podemos intuír onde podemos chegar. O videoxogo Roblox mesmo organiza eventos virtuais como concertos e reunións. Os xogadores e xogadoras xa non se limitan a xogar, senón que tamén o utilizan para outras actividades e ámbitos da súa vida no ciberespazo.

Ademais dos evidentes aspectos lúdicos ou de socialización, o metaverso combinará economía, identidade dixital, administracións públicas descentralizadas e outras moitas aplicacións. As actividades que teñen lugar en contornas illadas, como comprar terreos dixitais e construír casas virtuais ou participar nunha experiencia social virtual, acabarán tendo lugar no metaverso. Aínda que coa pandemia da covid o teletraballo xa se converteu en algo habitual, no metaverso será posible ademais entrar nunha versión 3D do lugar de traballo e interactuar cos avatares doutros colegas.

Por outra banda, aparecerán novos traballos, inexistentes na actualidade, consecuencia do propio metaverso, ademais de ser posible xerar ingresos do traballo directamente utilizables no metaverso. De feito, este tipo de traballos xa empezan a aparecer. Os xogadores de deportes electrónicos ou *e-sports* profesionais xa reciben ingresos consecuencia da súa actividade. Este tipo de traballos en liña son prometedores candidatos para a implementación do metaverso no futuro, xa que demostran que a xente está disposta a pasar o seu tempo vivindo, gañando diñeiro e progresando socialmente en mundos virtuais. Existen incluso persoeiros cunha enorme influencia pública e un gran número de fans que só teñen existencia virtual. Unha das máis famosas é a cantante xaponesa Hatsune Miku, unha moza de 16 anos con longas coletas de cor turquesa. É un verdadeiro ídolo virtual que actúa en concertos físicos en directo como proxección animada.

Aínda que é probable que un metaverso unificado estea aínda lonxe, xa podemos ver desenvolvementos que poden levar á súa creación. Ademais dos exemplos comentados, as tecnoloxías de acceso ao metaverso xa están bastante desenvolvidas. Os computadores de propósito xeral actuais, os teléfonos intelixentes e os dispositivos de realidade aumentada e virtual son bos exemplos. O desenvolvemento actual do hardware céntrase en superar as limitacións dos casos de realidade virtual e en aumentar a inmersión co avance da tecnoloxía háptica, co obxectivo de lograr unha experiencia do usuario o máis próxima posible á do mundo real.

A tecnoloxía de cadeas de bloques que vimos no apartado anterior tamén está chamada a ter un papel relevante no metaverso. Aínda que non son estritamente necesarias, as criptomoedas poden ser un gran complemento para un metaverso, xa que facilitan moito desenvolver unha economía exclusivamente dixital, con diferentes tipos de *tokens* para diferentes usos (certificados, medios de pagamento, coleccións de arte, obxectos de uso diario, servizos virtuais, terreos ou leiras dixitais etc.) que se poden intercambiar igual ca no mundo real. Ademais, a tecnoloxía *blockchain* pode proporcionar sistemas de gobernanza transparentes e fiables.

3.4. A Internet das cousas

A Internet das cousas (IoT) describe obxectos ou grupos de obxectos físicos dotados de sensores, capacidade de procesamento, software e outras tecnoloxías que se conectan e intercambian datos con outros dispositivos e sistemas a través de internet ou doutras redes de telecomunicación. Estes obxectos teñen enderezos únicos, polo que é posible comunicarse individualmente con cada un deles. Isto permite tanto o seu control ou a súa monitorización desde un punto central coma a interacción mutua entre os propios obxectos. A IoT é, pois, unha rede heteroxénea que involucra diferentes dispositivos electrónicos, móbiles, industriais e de moitos outros tipos. Os diferentes dispositivos poden ter diferentes plataformas de comunicación, redes, procesamento de datos, capacidades de almacenamento e potencia de transmisión. Todos estes dispositivos deben estar conectados mediante protocolos de telecomunicación e redes que lles permitan comunicarse e cooperar para compartir os seus datos, polo que as telecomunicacións teñen un papel vital nos sistemas IoT, xa que representan a columna vertebral do sistema ao permitir que os dispositivos intercambien os seus datos.

Orixinalmente, o concepto de IoT foi proposto por Kevin Ashton, fundador do centro de autoidentificación do MIT en 1999. Ashton é da opinión de que a Internet das cousas ten o potencial de cambiar o mundo, do mesmo xeito que xa o ten feito internet. Quizais mesmo máis. Máis adiante, a IoT presentouse oficialmente pola Unión Internacional de Telecomunicacións (UIT) en 2005. A IoT ten moitas definicións suxeridas por moitas organizacións e investigadores. Con todo, a definición proporcionada pola UIT en 2012 é a máis habitual. Así, a IoT sería unha infraestrutura global para a sociedade da información, que permite servizos avanzados mediante a interconexión (física e virtual) de elementos baseados en tecnoloxías da información e a comunicación interoperables existentes e en evolución.

Na actualidade, a noción de IoT evolucionou para incluír as infraestruturas globais formadas por redes interconectadas de obxectos físicos e virtuais. O enorme desenvolvemento tecnolóxico ampliou a idea da IoT para incluír outras tecnoloxías, como a computación na nube e as redes de sensores sen fíos. A IoT volveuse capaz de conectar tanto os seres humanos coma as cousas en calquera lugar e en calquera

momento, idealmente utilizando calquera ruta de comunicación ou rede.

O campo está a consolidarse debido á converxencia de múltiples tecnoloxías, como a informática ubicua, os sensores, os sistemas integrados cada vez máis potentes e a aprendizaxe automática. Os avances en sistemas electrónicos integrados, as redes de sensores sen fíos, os sistemas de control e a automatización, incluída a automatización de vivendas e edificios, permiten de forma conxunta a Internet das cousas.

No mercado de consumo, a tecnoloxía IoT é sinónimo de produtos relacionados co concepto de fogar intelixente, que inclúe dispositivos e aparellos (lámpadas, termóstatos, sistemas de seguridade doméstica, cámaras e outros electrodomésticos) que son compatibles cun ou máis ecosistemas comúns e que se poden controlar a través de dispositivos asociados a ese ecosistema, por exemplo os teléfonos e os altosfalantes intelixentes.

A Internet das cousas converteuse nunha das tendencias máis relevantes nos últimos tempos, tanto en contornas de investigación e desenvolvemento coma para as empresas tecnolóxicas. Non paran de aparecer novos produtos e servizos neste ámbito, debido principalmente aos grandes beneficios que a IoT pode achegar á nosa vida diaria. A IoT ten a capacidade de conectar case calquera obxecto do mundo real para comunicarse e cooperar entre si a través das redes, para facilitar con iso a xeración de novas aplicacións e servizos que poden mellorar a nosa calidade de vida.

Podemos considerar que a IoT representa o proceso de evolución natural da internet. Coa IoT, estamos a avanzar cara a un escenario no que todos os elementos da nosa contorna estarán conectados a internet e teñen a capacidade de comunicarse entre si co mínimo esforzo humano. Podemos ver a IoT como unha presenza universal na nosa contorna, composta por un amplo abano de elementos que se poden conectar entre si, xa sexa mediante conexións sen fíos ou por cable. Estes obxectos teñen un esquema de enderezamento único que permite que as cousas interactúen e cooperen con outras cousas para crear novas aplicacións e servizos, como fogares intelixentes, cidades intelixentes, enerxía intelixente, transporte intelixente ou

xestión do tráfico intelixente, por citar algún dos ámbitos de aplicación máis prometedores.

As principais razóns detrás do enorme interese actual na IoT están relacionadas coas capacidades ilimitadas que pode proporcionar. Por exemplo, a IoT ten a capacidade de proporcionar unha plataforma intelixente para a colaboración de obxectos distribuídos de moi diversa natureza, a través de redes sen fíos ou cabladas. A IoT pode considerarse unha infraestrutura en rede, dinámica e de alcance global, que xestiona de maneira intelixente obxectos que se configuran eles mesmos. Isto, á súa vez, permite a interconexión de dispositivos IoT que comparten a súa información para crear novas aplicacións e servizos. De feito, a IoT considérase na actualidade unha tecnoloxía moi prometedora que comeza a crecer significativamente. Xa en 2008 había máis elementos conectados a internet ca persoas e en 2020 o número de dispositivos conectados a internet superou os 50 000 millóns. Isto significa que xa hai máis de seis dispositivos conectados á rede por cada habitante do noso planeta.

De todos os xeitos, tamén se observan certas cautelas sobre os riscos no crecemento das tecnoloxías e produtos da IoT, especialmente nas áreas de privacidade e seguridade, e en consecuencia, a industria e os movementos gubernamentais para facer fronte a estas preocupacións comezaron, incluíndo o desenvolvemento de normas internacionais e locais, directrices e marcos regulatorios.

3.5. A cuarta revolución industrial

A cuarta revolución industrial ou Industria 4.0 conceptualiza o rápido cambio da tecnoloxía, as industrias e os patróns e procesos sociais no século actual debido á crecente interconectividade e á automatización intelixente. O termo utilizouse amplamente na literatura científica e en 2015 foi popularizado por Klaus Schwab, fundador e presidente executivo do Foro Económico Mundial. Schwab afirma que os cambios observados son algo máis ca simples melloras na eficiencia, senón que expresan un cambio significativo, unha revolución, no capitalismo industrial.

Unha das causas fundamentais desta revolución é a combinación de avances tecnolóxicos en intelixencia artificial, no ámbito da xenética e da robótica avanzada, que esfuman as liñas entre os mundos

físico, dixital e biolóxico. A Industria 4.0 pode aplicarse a todos os niveis do proceso de fabricación, desde o desenvolvemento do produto ata o final da súa vida útil. Ademais, algúns fabricantes aplícanlles os conceptos da Industria 4.0 aos recursos externos, como as cadeas de subministración, o que lles permite anticiparse mellor ás interrupcións da subministración, á vez que facilita a obtención de todos os materiais utilizados na fabricación dun produto no momento adecuado.

Outra forma de aplicar a Industria 4.0 consiste na adquisición de datos en tempo real durante os procesos de fabricación. Estes datos poden ser analizados mediante técnicas de aprendizaxe automática co obxectivo de optimizar eses procesos. A información obtida pode compararse cun xemelgo dixital, que simula a realidade física cunha eficiencia perfecta, para determinar onde se pode mellorar cada proceso. Con iso, podemos mellorar a eficiencia e reducir o tempo de comercialización, á vez que aumentamos a produtividade.

Neste sentido, están a producirse cambios fundamentais no funcionamento das redes mundiais de produción e subministración debidos á automatización continua das prácticas industriais e de fabricación tradicionais, utilizando a tecnoloxía intelixente moderna, a comunicación máquina a máquina a grande escala e a Internet das cousas. Esta integración tradúcese nun aumento da automatización, na mellora da comunicación e o autocontrol, e no uso de máquinas intelixentes que poden analizar e diagnosticar problemas sen necesidade da intervención humana.

Algunhas organizacións tamén están a aplicar os conceptos da Industria 4.0 ao proceso de formación do seu persoal. Estes programas de formación utilizan a realidade aumentada para ensinalles aos empregados e empregadas como manexar a maquinaria e como evitar prácticas inseguras antes de enfrontarse cos equipos reais. Nalgúns casos incluso se estende a formación baseada na realidade aumentada a outras áreas, como a extinción de incendios e os primeiros auxilios.

Outro beneficio da Industria 4.0 é que pode axudar as empresas a evitar situacións que supoñan unha ameaza para os procesos de produción. Antes da adopción da Industria 4.0, o mantemento da maquinaria industrial baseábase nas recomendacións do fabricante.

Con todo, a Industria 4.0 permitiu equipar a maquinaria con sensores que controlan o seu estado de forma continua. Isto permítelles ás organizacións anticiparse aos problemas antes de que se produzan e tomar medidas correctivas de forma proactiva. Nalgúns casos, a maquinaria pode mesmo realizar automaticamente un pedido de pezas de reposto. Todo isto pode axudar a evitar unha custosa interrupción do proceso de fabricación.

Outra vantaxe da aplicación dos conceptos da Industria 4.0 é que, dado que a tecnoloxía dixital utilizada na fábrica está vinculada aos sistemas de xestión de datos corporativos mediante redes de telecomunicación, é posible realizar análises sobre os datos asociados ao proceso de fabricación. Estas análises poden axudar a organización para detectar tendencias e obter información que, en última instancia, contribúe a que as empresas sexan máis rendibles.

A Industria 4.0 representa, ademais, un cambio social, político e económico, desde a era dixital de finais dos anos noventa e principios de 2000, a unha era de conectividade integrada que se distingue pola omnipresencia e polo uso común da tecnoloxía en toda a sociedade, ata o punto de que se modifica substancialmente a forma en que os seres humanos experimentan e coñecen o mundo que os rodea. Estamos a crear unha realidade social aumentada, en comparación cos sentidos naturais e a capacidade industrial que son capaces de desenvolver os seres humanos por si sós.

Nos seus inicios, os principais retos para as empresas que querían implantar a Industria 4.0 eran o seu custo e a interoperabilidade. As máquinas e os sensores utilizados nas fábricas adoitaban utilizar protocolos diferentes, propietarios de cada fabricante, o que dificultaba a comunicación entre dispositivos conectados. Para dar resposta a esta situación, empezaron a aparecer estándares paulatinamente, a medida que a Industria 4.0 ía penetrando o tecido produtivo.

Outro gran reto relacionado coa Industria 4.0 é a ciberseguridade. No pasado, os sistemas empregados nas fábricas adoitaban ser totalmente pechados e era raro que estivesen conectados entre si ou co resto de sistemas informáticos da empresa. En consecuencia, os provedores que creaban estes sistemas dábanlle pouca prioridade á seguridade.

A conectividade entre os dispositivos e os recursos informáticos pode expoñer estes dispositivos ás mesmas ciberameazas que afectan os dispositivos informáticos conectados tradicionais. Ademais, un sistema informático comprometido pode proporcionarlle a un *hacker* unha vía a través da cal atacar os dispositivos utilizados nos procesos de fabricación.

Capítulo 4

Recapitulación

Co avance da civilización xorde a necesidade de trasladar e obter información de persoas situadas noutros lugares, máis aló do que alcanza a propia voz. Para iso, o ser humano valeuse de medios como o correo, por medio de mensaxeiros a pé ou de a cabalo, ou por medio de vehículos tirados por estes animais. Tamén recorreu a sinais de fume, bandeiras, estandartes e outros medios ópticos cando necesitou comunicar información de maneira rápida e mesmo inmediata, por exemplo, para coordinar as tropas durante unha batalla.

A telecomunicación, é dicir, a comunicación utilizando sinais electromagnéticos, aparece como consecuencia dos avances científicos e tecnolóxicos no campo do electromagnetismo por unha banda, e do paulatino incremento das necesidades de comunicación consecuencia de avances económicos e sociais no ámbito do comercio, dos medios de comunicación e o do transporte. Con estes avances, é necesario comunicar máis cantidade de información, a máis distancia, e entre máis persoas. Por exemplo, co invento do ferrocarril, para garantir a seguridade do tráfico ferroviario, fanse necesarios sistemas que permitan comunicar a maior velocidade da que circulan os propios trens.

As telecomunicacións teñen un importante impacto social, cultural e económico na nosa sociedade. As telecomunicacións permítenlles ás empresas e aos negocios comunicarse de maneira efectiva coa súa clientela para atender as súas necesidades. Tamén facilitan a coordinación das diferentes sedes dunha compañía e a comunicación con provedores e distribuidores. A información é un elemento

clave en calquera actividade económica e dispoñer de información fiable e completa no momento oportuno pode supoñer a diferenza entre o éxito e o fracaso de calquera negocio. As telecomunicacións tamén facilitan o contacto e a relación entre as administracións e a cidadanía.

Desde un punto de vista microeconómico, as telecomunicacións permitíronlles ás empresas desenvolverse ata converterse en imperios globais. Isto é evidente en casos como Amazon, Apple ou Microsoft, pero tamén ocorre con negocios tradicionais como Inditex ou Pescanova, empresas que aproveitan as vantaxes que proporcionan mellores infraestruturas de telecomunicacións para competir nun mundo globalizado. Converteuse en algo habitual utilizar un teléfono intelixente para gozar dunha ampla variedade de servizos a calquera hora e desde calquera lugar, como pedir comida rápida, realizar operacións bancarias, adquirir entradas para un espectáculo ou mercar roupa.

A escala macroeconómica, os avances en telecomunicacións tiveron un impacto determinante no crecemento económico. De todos os xeitos, resulta preocupante a desigualdade de acceso aos servizos de telecomunicación en función da riqueza, da clase social ou mesmo da idade. Os países ricos dispoñen, en xeral, de mellores servizos e máis alcanzables ca os países menos desenvolvidos. Dentro dun mesmo país, as clases máis acomodadas gozan dun mellor acceso a estas tecnoloxías ca os grupos de poboación con menor poder adquisitivo. Dentro dun mesmo grupo social, a xente nova accede en mellores condicións e con maior facilidade aos servizos de telecomunicación ca a xente maior. Estas desigualdades son diferentes versións do que se coñece como fenda dixital.

Aínda que os servizos de telecomunicación naceron para dar unha resposta a necesidades de tipo práctico, como transmitir noticias ou obter información financeira de maneira rápida, estes tamén desempeñan un papel moi relevante nas relacións sociais. Permítennos estar informados, permanecer conectados coa familia e coas nosas amizades e mesmo establecer novas relacións.

De feito, o papel das telecomunicacións nas relacións sociais é cada vez máis importante. Nos últimos anos, a popularidade das redes sociais aumentou drasticamente, ata o punto de comezar a substituír as fontes de información e de entretemento tradicionais. O feito de

publicar fotografías, anunciar eventos e compartir a nosa visión da realidade para gozo doutras persoas converteuse nunha forma máis de socialización. Os perfís poden indicar a idade, os intereses, as preferencias sexuais e a situación sentimental dunha persoa.

Desde un punto de vista cultural, as telecomunicacións aumentaron as opcións á nosa disposición para acceder á música ou á produción audiovisual. Coa televisión, é posible gozar de películas ou series sen ter que desprazarse ao cinema. Coa radio, a xente pode escoitar música en calquera momento e desde calquera lugar. Coa popularización da internet e os servizos de difusión en tempo real e os sitios de descargas de contidos, é posible consumir produtos culturais concretos baixo demanda. Xa non dependemos dunha programación establecida polas cadeas, senón que podemos definir a nosa propia televisión e radio persoais.

As telecomunicacións tamén transformaron a forma en que nos informamos. Dun modo semellante a como evolucionou o consumo de audiovisual, xa non dependemos, con todo o positivo e o negativo que iso implica, de que alguén seleccione as noticias por nós, senón que podemos elixir as nosas propias fontes de información e mesmo acceder ás propias fontes orixinais.

As telecomunicacións, xunto cos avances en informática, tiveron un impacto igualmente significativo na publicidade. Estes avances permitiron deseñar instrumentos ao dispor dos anunciantes para identificar perfís concretos entre potenciais clientes, dirixir as súas mensaxes publicitarias con precisión cirúrxica a persoas específicas ou áreas xeográficas perfectamente delimitadas, ou para facer depender as súas mensaxes da hora do día ou mesmo das condicións meteorolóxicas. Estes instrumentos, na actualidade omnipresentes, eran ciencia ficción só hai uns anos.

O emprego de dispositivos e sensores de Internet das cousas está a crecer e parece que esta tendencia se vai manter. Estes dispositivos e sensores intelixentes conectados son incrivelmente útiles para a interconectividade, a interoperabilidade, a descentralización, a recompilación de datos, a supervisión, o mantemento predictivo, a racionalización das operacións e a xestión eficiente, por nomear algunhas das súas vantaxes.

A Internet das cousas, e concretamente a súa introdución na Industria 4.0, está a contribuír de maneira moi relevante a mellorar a xestión, as operacións, a eficiencia e a produtividade de empresas e sectores industriais enteiros. Ademais, axuda a evitar o malgasto, a aforrar recursos e, en definitiva, a mellorar os seus resultados, tanto económicos coma sociais. Incluso as administracións públicas están a empezar a descubrir o potencial da Internet das cousas para racionalizar os seus investimentos en tecnoloxía e mellorar as súas infraestruturas. A IoT facilita unha xestión eficiente da rede eléctrica, o control do tráfico, a resposta ás emerxencias, a atención aos cidadáns e cidadás, e outros moitos aspectos directamente responsables da calidade percibida pola cidadanía sobre os servizos públicos.

As tecnoloxías e os equipos de rede e a conectividade, tanto sen fíos coma por cable, están a evolucionar rapidamente para adaptarse ás crecentes demandas das empresas, dos centros de datos e do usuario, con innovacións nas tecnoloxías wifi ou a cablaxe Ethernet de alta velocidade, e coa xeneralización do desenvolvemento de fibra óptica, que bate récords en capacidade e velocidade. As comunicacións son cruciais para o tecido social e produtivo, o que fai que as telecomunicacións sexan mesmo máis relevantes ca antes, debido ás crecentes necesidades de transmisión de datos, así como ao continuo aumento dos dispositivos conectados e das persoas usuarias de internet. Do mesmo xeito, a conectividade de redes por satélite tamén é cada vez máis eficiente e segura para as telecomunicacións.

Nestes momentos, o 5G é a última e mellor tecnoloxía celular. É máis rápida, máis eficiente, ofrece unha maior velocidade de transmisión e unha maior capacidade e, o que é máis importante, ten unha latencia moito menor ca as tecnoloxías anteriores. Isto é especialmente relevante para os xogos en liña de alta calidade e o *streaming*, pero tamén está a abrir as portas ás redes IoT de alta densidade e ás respostas case en tempo real. Co tempo, 5G permitirá desenvolver aplicacións de control en tempo real a distancias increíbles en calquera parte do planeta, como a realización de intervencións cirúrxicas, o manexo de vehículos a longas distancias ou o control de procesos industriais complexos.

A computación na nube é quizais a tendencia de telecomunicacións de máis rápido crecemento nestes momentos, que en combinación co IoT está a revolucionar a industria. O aumento global dos

dispositivos IoT, dos volumes de datos e dos usuarios e usuarias de internet esixe un gran volume de potencia de cálculo, que se está poñendo a disposición na nube. Coas plataformas na nube é posible migrar datos, software e aplicacións alí e externalizar a computación. Na actualidade, as plataformas na nube ofrecen unha mellor conectividade, acceso, integración e prezos moi competitivos para as empresas, o que está a facer que as solucións na nube sexan cada máis populares. A medida que se establece o investimento en tecnoloxías herdadas, e en moitos casos obsoletas, o investimento en tecnoloxías disruptivas aumentará e fará que se preste máis atención á computación e ás plataformas na nube.

A intelixencia artificial e a aprendizaxe automática están a achegar innovación e automatización en moitos sectores, incluídas as telecomunicacións. A tecnoloxía 5G ten o potencial de servir de catalizador das integracións de solucións de intelixencia artificial para mellorar a conectividade, a calidade dos servizos de telecomunicacións e a monitorización continua das redes. En última instancia, coa intelixencia artificial melloraranse as capacidades das redes e a automatización das infraestruturas de telecomunicacións, así como a xestión, a análise estatística e a xeración de novas fontes de ingresos.

Nos últimos anos, produciuse un aumento masivo do número de incidentes de ciberseguridade. Os *hackers* e os ciberdelincuentes melloran constantemente os seus métodos e inventan innovadoras formas de atacar os sistemas informáticos. As innovacións e as tendencias das telecomunicacións en materia de ciberseguridade permiten deseñar novos sistemas informáticos con funcións avanzadas de protección fronte a ciberataques utilizando solucións de intelixencia artificial e aprendizaxe automática, o que permite facer fronte ás vulnerabilidades e ás ciberamenazas sen comprometer demasiado a funcionalidade.

Estas son só algunhas das claves da evolución das telecomunicacións no futuro máis inmediato, que nos dan unha idea dos retos que están a impulsar a innovación no ámbito das tecnoloxías da información e as telecomunicacións. Como ocorreu desde a invención do telégrafo no século XIX, as telecomunicacións seguirán creando novas oportunidades, oportunidades que á súa vez darán lugar a novos avances para mellorar o noso tecido produtivo, a nosa sociedade e o noso estilo de vida.

Glosario de termos

Amplificador

Aparello ou dispositivo para aumentar a amplitude ou a intensidade dun sinal electromagnético.

Largo de banda

Lonxitude, medida en hertzs (Hz), da extensión de frecuencias na que se concentra a maior potencia dun sinal electromagnético.

Antena

Dispositivo utilizado para emitir ou recibir ondas radioeléctricas.

Blockchain

Véxase cadea de bloques.

Bucle de abonado

Tramo físico de rede que discorre desde unha central telefónica ata o punto de terminación de rede nas dependencias dun abonado.

Cadea de bloques

Estrutura de datos agrupados en bloques, aos que se lles engade información relativa a outro bloque da cadea creado con anterioridade, para facer un seguimento seguro a través de cálculos criptográficos.

Canle

Intervalo ou banda de frecuencias pola que se emiten ondas electromagnéticas.

Canle física

Véxase medio de transmisión.

Cela

Ámbito xeográfico cuberto por un transceptor nunha rede sen fíos, que forma parte dunha rede máis ampla.

Ciberespazo

Concepto que describe unha tecnoloxía dixital interconectada moi estendida e cunha alta penetración.

Ciberpunk

Subxénero da ciencia ficción nunha contorna futurista distópica que tende a centrarse nunha combinación de baixos fondos e alta tecnoloxía, presentando logros tecnolóxicos e científicos futuristas, como a intelixencia artificial e a cibernética, xustapostos co colapso ou a decadencia da sociedade.

Cliente

Aplicación informática ou computador que consome un servizo remoto noutro computador (servidor) a través dunha rede de telecomunicacións.

Codificación

Proceso de conversión dun sistema de datos de orixe a outro sistema de datos de destino. No caso das comunicacións dixitais, tradución dos valores de tensión eléctrica analóxicos que xa foron cuantificados (ponderados) ao sistema binario, mediante códigos preestablecidos.

Codificador

Dispositivo que efectúa automaticamente a codificación dunha mensaxe noutro código.

Conmutación de circuitos

Método de transmisión polo que se establece unha ruta de conexión dedicada entre os dispositivos emisores e receptor. A ruta dedicada é unha serie de conexións entre os nodos de conmutación ou conmutadores. A rede de telefonía tradicional é unha rede de conmutación de circuitos.

Conmutación de paquetes

Método de transmisión de datos no que os datos se dividen en pequenos bloques que se transmiten por diferentes canles e se volven montar na súa orde orixinal no destino. Os paquetes compóñense dunha cabeceira e unha carga útil. Os datos da cabeceira utilízanos

os encamiñadores para dirixir o paquete ao seu destino, onde a carga útil é extraída e utilizada no dispositivo de destino, por unha aplicación ou os protocolos da capa superior. A rede internet é unha rede de conmutación de paquetes.

Conmutador

Dispositivo que serve para que un sinal electromagnético cambie dunha canle a outra.

Criptomoeda

Medio dixital de intercambio que utiliza criptografía para asegurar as transaccións, controlar a creación de unidades adicionais e verificar a transferencia de activos.

Codificador-descodificador

Dispositivo que converte sinais dixitais dunha codificación a outra, ou viceversa, para poder ser transmitidos de acordo con diferentes normas e protocolos.

Definición

Nivel de detalle nun sinal audiovisual.

Demodulador

Circuíto ou dispositivo eléctrico que serve para eliminar a onda portadora dun sinal modulado para obter os sinais coa información orixinal.

Deportes electrónicos

Tamén coñecidos como e-sports, son formas de competición baseadas en videoxogos, en moitos casos entre xogadores profesionais, que segue o modelo das competicións deportivas tradicionais.

Descodificador

Dispositivo que serve para descodificar sinais; é dicir, para aplicar as regras adecuadas a unha mensaxe emitida nun sistema de signos determinado para convertela en información intelixible por outro sistema.

Detector de intrusionés

Dispositivo ou aplicación informática que supervisa unha rede ou sistemas en busca de actividades maliciosas ou violacións das políticas de seguridade. Adoitan notificarlle a un administrador calquera actividade de intrusión ou violación, ou recollelas de forma

centralizada mediante un sistema de xestión de información e eventos de seguridade.

Devasa

Sistema de seguridade de rede que supervisa e controla o tráfico de rede entrante e saínte baseándose en regras de seguridade predefinidas. Unha devasa adoita establecer unha barreira entre unha rede de confianza e unha rede non fiable, como internet.

Dividendo dixital

Resultado do proceso de redución do espectro radioeléctrico dedicado á televisión, como resultado da maior eficiencia das emisións dixitais. Este espazo permite a asignación de parte do espectro a outros servizos, como os servizos de comunicacións móbiles de pagamento.

Dúplex

Sistema de telecomunicación que é capaz de manter unha comunicación bidireccional, enviando e recibindo mensaxes de forma simultánea.

Localización/Situación

Localización xeográfica dun transmisor de telecomunicacións.

Equilibrador de carga

Dispositivo ou módulo software para distribuír un conxunto de tarefas informáticas entre un conxunto de recursos (unidades de computación), co obxectivo de facer máis eficiente o seu procesamento global. O equilibrio da carga pode optimizar o tempo de resposta e evitar a sobrecarga dalgúns nodos de computación mentres outros permanecen inactivos.

Espectro electromagnético

Conxunto de ondas electromagnéticas, ordenadas segundo a súa frecuencia.

Fenda dixital

Calquera distribución desigual no acceso, no uso ou no impacto das tecnoloxías da información e a comunicación entre grupos sociais, áreas xeográficas ou grupos de idade.

Fibra óptica

Filamento de material dieléctrico, como o vidro ou os polímeros acrílicos, capaz de conducir e transmitir impulsos luminosos dun a outro

dos seus extremos. Permite a transmisión de comunicacións telefónicas, de televisión etc., a gran velocidade e distancia, sen necesidade de utilizar sinais eléctricos.

Frecuencia

Número de vibracións, ondas ou ciclos por segundo dun sinal electromagnético.

Función *hash* ou función resumo

Algoritmo que xera unha secuencia numérica ou de caracteres de tamaño fixo a partir dun fragmento de texto ou outros datos de tamaño variable. Caracterízase porque (i) é sinxelo xerar a secuencia de saída a partir dos datos de entrada, (ii) é imposible obter a secuencia de entrada orixinal a partir da secuencia resultado e (iii) é imposible na práctica crear unha secuencia de entrada que xere unha secuencia de saída previamente determinada. Utilízase nas consultas de táboas de bases de datos, na criptografía, nas tecnoloxías de cadea de bloques e na comprobación de erros de *transmisión*.

Hertz

O hertz, abreviado Hz, é unha unidade de frecuencia das ondas electromagnéticas. En telecomunicacións utilízase habitualmente o megahertz (MHz), equivalente a un millón de hertzs ou o gigahertz (Ghz), equivalente a mil millóns de hertzs. Estes múltiplos utilízanse en medicións ou declaracións de largo de banda para datos dixitais de alta velocidade, sinais de vídeo analóxicos e dixitais e sinais de espectro alargado.

Háptico

A tecnoloxía háptica, tamén coñecida como comunicación cinestésica ou tacto 3D, refírese a calquera tecnoloxía que poida crear unha experiencia táctil mediante a aplicación de forzas, vibracións ou movementos á persoa usuaria. Estas tecnoloxías poden utilizarse para crear obxectos virtuais nunha simulación por computador para controlar os devanditos obxectos virtuais e para mellorar o control remoto de máquinas e dispositivos (telerrobótica). Xunto cos dispositivos de realidade virtual, é unha tecnoloxía fundamental para lograr a inmersión no metaverso.

Illamento de procesos

Unha contorna de illamento de procesos ou contorna *sandbox* é unha contorna controlada, illada do resto dos sistemas, que se utiliza para

desenvolver e para probar de maneira segura equipos ou aplicacións informáticas, ou para detectar vulnerabilidades nestes sen risco de que se propaguen.

No mundo físico, un *sandbox* e un caixón (*box*) de area (*sand*), que se pode atopar en moitos parques infantís, onde poden xogar os nenos e as nenas de xeito seguro.

Internet das cousas

Ecosistema de obxectos físicos con sensores, capacidade de procesamento, soporte lóxico (software) e outras tecnoloxías que se conectan e intercambian datos con outros dispositivos e sistemas a través de internet ou doutras redes de comunicación.

Itinerancia

En telefonía móbil, servizo mediante o cal se poden enviar e recibir chamadas utilizando redes telefónicas de compañías estranxeiras cando se está fóra do país de orixe.

Latencia

Período de tempo que transcorre entre un estímulo e a súa resposta. Retardo entre que se envía información por unha rede e se recibe a resposta correspondente.

Medio de transmisión

Canle que permite a transmisión de información entre dous terminais nun sistema de telecomunicación. As transmisións realízanse habitualmente empregando ondas electromagnéticas que se propagan a través da canle.

Modulación

Conxunto de técnicas que se usan para transportar información sobre unha onda portadora, tipicamente unha onda sinusoidal.

Modulación de amplitude

Variación instantánea da amplitude dunha onda portadora de maneira proporcional á amplitude dun sinal con información.

Modulación de frecuencia

Variación instantánea da frecuencia dunha onda portadora de maneira proporcional á amplitude dun sinal con información.

Modulador

Dispositivo electrónico que serve para modular unha onda de radio portadora cun sinal que contén información.

Multicast

Véxase multidifusión.

Multidifusión

Difusión de información desde unha fonte a un conxunto de receptores a través dunha rede. Tamén se coñece como *multicast*.

Multiplexación

Técnica de combinar dous ou máis sinais que conteñen información para transmitilos por un só medio de transmisión.

Módem

Dispositivo que converte sinais dixitais en analóxicos, ou viceversa, para poder ser transmitidas a través de liñas de teléfono, cables coaxiais, fibras ópticas e microondas; conectado a unha computadora ou a un encamiñador, permite a comunicación con outra computadora ou outro encamiñador por un medio de transmisión.

Múltiplex

Sistema electrónico que permite a transmisión simultánea de varias informacións por unha mesma vía ou canle de forma independente. No caso da TDT, un múltiplex é un fluxo de datos que transporta un ou varios servizos de televisión, radiodifusión e datos por unha única canle de televisión. O receptor, unha vez sintonizado nesa canle, é capaz de extraer todos eses servizos para presentalos de xeito separado.

NFT

Véxase *token* non funxible.

Nodo

Punto de intersección ou unión de varios elementos dunha rede.

Nonce

Número arbitrario que se engade aos datos nun sistema de comunicacións para conseguir que os datos teñan determinadas propiedades, como un tamaño mínimo, garantir a súa unicidade, que o seu resumo criptográfico (*hash*) teña determinadas características etc. En seguridade informática utilízase para detectar ataques baseados en

replicar unha mensaxe previa, e en cadeas de bloques para xerar resumos criptográficos con determinadas propiedades. Correspóndese co acrónimo da expresión inglesa *number only used once* (número que se usa soamente unha vez).

Nube

Conxunto de servidores remotos conectados a internet para almacenar, administrar e procesar información, accesibles como unha estrutura onde todos os dispositivos soporte físico (hardware) e soporte lóxico (software) están virtualmente integrados.

Operador de telecomunicacións

Compañía do sector de telecomunicacións que proporciona servizos de conexión ás redes de telecomunicacións.

Par de cobre

Medio de transmisión que está composto por dous fíos de cobre, xeralmente trenzados para reducir as interferencias.

Portadora

Onda electromagnética, xeralmente senoidal, modificada nalgún dos seus parámetros (amplitude, frecuencia ou fase) por un sinal modulador de entrada co fin de transmitir unha información.

Provedor

Véxase operador de telecomunicacións.

Punto de acceso

Nunha rede wifi, é un dispositivo de rede que interconecta dispositivos móbiles ou tarxetas de rede sen fíos.

Radiodifusión

Transmisión a distancia de información, por medio de ondas de radio, destinada a unha multitude de receptores.

Receptor

Aparello que recibe sinais electromagnéticos.

Rede

Conxunto de medios, tecnoloxías, protocolos e recursos en xeral necesarios para o intercambio de información entre unha multitude de dispositivos.

Rede celular

Rede composta por un conxunto de celas nun sistema de telefonía móbil.

Regulador

Organismo que dita as normas e os estándares que rexen determinado mercado ou sector.

Roaming

Véxase itinerancia.

Sandbox

Véxase illamento de procesos.

Semidúplex

Sistema de telecomunicación que só pode transmitir nunha dirección á vez. Os datos poden moverse en dúas direccións, pero non ao mesmo tempo.

Servidor

Ordenador ou conxunto de computadores capaz de atender as peticións doutro ordenador cliente e devolverlle unha resposta acorde coa solicitude.

Sinal

Onda electromagnética que permite transmitir información.

Símplex

Sistema de telecomunicación que só pode transmitir información nun sentido, de emisor a receptor.

Taxa de bit

Número de bits que se transmiten por unidade de tempo a través dun sistema de transmisión dixital.

Telco

Véxase operador de telecomunicacións.

Token non funxible

Activo dixital encriptado. Tipo especial de *token* criptográfico que representa algo único.

Transceptor

Dispositivo que conta cun transmisor e cun receptor que comparten parte do conxunto de circuítos ou se atopan dentro da mesma caixa.

Transmisor

Aparello que serve para transmitir ou emitir sinais electromagnéticos.

Velocidade de datos

Véxase taxa de bit.

Xemelgo dixital

Representación dixital dun dispositivo ou proceso físico. No ámbito da Internet das cousas e da Industria 4.0, os xemelgos dixitais permítenlles aos dispositivos físicos interactuar con outros dispositivos no mundo virtual.

Listaxe de siglas

ADSL

Asymmetric Dixital Subscriber's Line (liña dixital de abonado asíncrona).

AES

Advanced Encryption Standard (norma de cifraxo avanzada). Sistema de cifraxo utilizado en internet e para cifrar comunicacións en redes sen fíos.

AM

Amplitude Modulation (modulación de amplitude).

AMPS

Advanced Mobile Phone Service (servizo de telefonía móbil avanzado).

ARP

Adress Resolution Protocol (protocolo de resolución de enderezos). Protocolo utilizado para asignar un enderezo IP a un computador concreto conectado a unha rede local.

ASCII

American Standard Code for Information Interchange (código normalizado americano para o intercambio de información). Sistema de codificación de caracteres e outros símbolos.

AWS

Amazon Web Services.

B2B

Business to Business (de negocio a negocio). Relación comercial entre dous negocios, tipicamente nun mercado virtual.

B2C

Business to Consumer (do negocio ao consumidor). Relación comercial entre un cliente e unha tenda. Modalidade de negocio en liña.

BGP

Border Gateway Protocol. Protocolo para encamiñar paquetes en internet.

C2C

Consumer to Consumer (de consumidor a consumidor). Intercambio de bens ou servizos entre particulares.

CDMA

Code Division Multiple Access (acceso múltiple por multiplexación no código). Protocolos utilizados nas comunicacións sen fíos de segunda (2G) e terceira (3G) xeración. Forma de multiplexación que permite que numerosos sinais ocupen unha soa canle de transmisión, optimizando o uso do largo de banda dispoñible.

CDN

Content Delivery Network (rede de entrega de contidos). Rede de servidores vinculados entre si cuxo obxectivo é entregar contido da maneira máis rápida, económica e segura posible.

CERT

Critical Emergency Response Team (equipo de resposta de emerxencia crítica). É un centro de resposta para incidentes de seguridade en tecnoloxías da información. Está formado por un grupo de expertos responsable do desenvolvemento de medidas preventivas e reactivas perante incidencias de seguridade.

MIME

Multipurpose Internet Mail Extensions (extensións multipropósito para o correo en internet).

CSMA/CA

Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (acceso múltiple por detección de portadora con evitación de colisións).

CSS

Cascade Style Sheets (follas de estilo en cascada). Linguaxe para especificar como se lle presentan os documentos HTML ao usuario: como se estilizan, se maquetan etc.

DBS

Direct Broadcast Satellite (satélite de radiodifusión directa).

DDoS

Distributed Denial of Service (denegación de servizo distribuída). Intento malicioso de interromper o tráfico normal dun servidor, servizo ou rede asolagando o obxectivo ou a súa infraestrutura cunha avalancha de tráfico de internet xerado desde múltiples fontes dispersas.

DHCP

Dynamic Host Configuration Protocol (protocolo de configuración dinámica de equipos). Protocolo que permite que un equipo conectado a unha rede poida obter a súa configuración de rede de maneira dinámica, é dicir, sen unha intervención expresa do usuario ou usuaria.

DNS

Domain Name Service (servizo de nomes de dominio). Servizo encargado de vincular nomes de dominios de internet a direccións IP.

DSL

Digital Subscriber's Line (liña de abonado dixital). Digital Television (televisión dixital).

DVB

Digital Video Broadcast (difusión dixital de vídeo). Sinónimo de televisión dixital.

EPON

Ethernet Passive Optical Network (rede Ethernet sobre fibra óptica pasiva).

ETSI

European Telecommunications Standards Institute (Instituto Europeo para a Normalización das Telecomunicacións).

FDM

Frequency Division Multiplexing (multiplexación por división na frecuencia).

FIB

Forward Information Base (base de información de reenvío).

FM

Frequency Modulation (frecuencia modulada).

FTP

File Transfer Protocolo (protocolo de transferencia de ficheiros).

FTTB

Fiber to the Building (fibra ata o edificio).

FTTC

Fiber to the Curb (fibra ata o bordo).

FTTH

Fiber to the Home (fibra ata o fogar). Arquitectura de rede física na que a fibra óptica chega ata os fogares.

GPRS

General Packet Radio Service. Servizo de transmisión de datos da rede de telefonía móbil de segunda (2G) xeración.

GPS

Global Positioning System (sistema de posicionamento global).

GSM

Global System for Mobile Communications. Servizo de telefonía móbil de segunda (2G) xeración.

GSMA

GSM Association. Asociación das empresas do sector da telefonía móbil.

HDTV

High Definition Television (televisión en alta definición).

HTTP

HyperText Transfer Protocolo (protocolo de transferencia de hipertexto).

IaaS

Infrastructure as a Service (infraestrutura como servizo). Modelo de computación na nube.

ICMP

Internet Control Message Protocol (protocolo de mensaxes de control da internet). Protocolo utilizado polos dispositivos de rede para diagnosticar problemas de comunicación da rede. Utilízase principalmente para determinar se os datos chegan ou non ao seu destino.

IDS

Intrusion Detection System (sistema de detección de intrusionés). Sistema que supervisa o tráfico na rede para detectar actividades sospeitosas.

IMAP

Internet Message Access Protocol (protocolo de acceso a mensaxes en internet).

IMEI

International Mobile Equipment Identity (identidade de equipos móbiles internacional).

IoT

Internet of Things (Internet das cousas).

ISP

Internet Service Provider (provedor de acceso a internet).

ITU

International Telecommunications Union (Unión Internacional de Telecomunicacións).

ITU-T

Telecommunication Standardization Sector of the International Telecommunications (sector para a normalización das telecomunicacións da Unión Internacional de Telecomunicacións).

JSON

JavaScript Object Notation. Notación e formato para representar e compartir estruturas de datos.

LAN

Local Area Network (rede de área local).

LTE

Long-term Evolution. Protocolo para a transmisión móbil de datos de alta velocidade que representa a evolución do 3G, utilizado en redes 4G.

MAC

Media Access Control. Protocolo de acceso de dispositivos conectados a unha rede de área local.

MoU

Memorandum of Understanding (memorando de entendemento).

MPEG

Moving Pictures Experts Group (grupo de expertos en imaxe en movemento).

NAT

Network Address Translation (tradución de enderezos de rede). É unha forma de asignar varios enderezos privados locais a un público antes de transferir a información. Permite reutilizar os enderezos IP.

NFC

Near Field Communications (comunicacións de campo próximo). Método de transmisión de datos entre dispositivos sen fíos en distancias curtas (de poucos centímetros).

NFT

Non-fungible Token (*token* non funxible).

NIC

Network Interface Card (tarxeta de interface de rede).

NMT

Nordic Mobile Telephony (telefonía móbil nórdica). Antigo sistema de telefonía móbil dos países nórdicos, orixe dos primeiros sistemas de telefonía móbil en Europa.

NTP

Network Time Protocol (protocolo de tempo na rede). Protocolo para a sincronización de reloxos entre sistemas conectados a internet. En funcionamento desde antes de 1985, NTP é un dos protocolos de internet máis antigos utilizados actualmente.

OFDM

Orthogonal Frequency Division Modulation (modulación por división de frecuencia ortogonal codificada).

OTT

Over-the-top. Servizos de transmisión libre sobre a infraestrutura dos operadores de internet.

P2P

Peer-to-peer. Protocolo para o intercambio directo de información entre usuarios, sen necesidade dun servidor central.

PaaS

Platform as a Service (plataforma como servizo). Modelo de computación na nube.

PICS

Platform for Internet Content Selection (plataforma para a selección de contido en internet).

PIN

Personal Identification Number (número de identificación persoal).

PLC

Power Line Communications (comunicacións por cable eléctrico).

POP3

Post Office Protocol, version3 (Protocolo de Oficina Postal versión 3). Xunto con IMAP, un dos dous protocolos máis utilizados para recibir correo electrónico a través de internet.

POTS

Plain Old Telephone Service. Servizo de telefonía fixa.

PTR

Punto de terminación de rede.

QoS

Quality of Service (calidade de servizo).

RAN

Radio Access Network (rede de acceso radio).

RDSI

Rede Dixital de Servizos Integrados.

REST

Representational State Transfer (transferencia de estado representacional). Estilo arquitectónico de soporte lóxico (software) creado para guiar o deseño e o desenvolvemento da arquitectura da web.

RF

Radio Frequency (radiofrecuencia).

RFC

Request for Comments. Documentos onde se definen as normas e os estándares do mundo internet.

RTTS

Real-Time Transfer Protocol (protocolo de transferencia en tempo real).

SaaS

Software as a Service (aplicacións informáticas como servizo). Modelo de computación na nube.

SEO

Search Engine Optimization (optimización de buscadores). Conxunto de accións e de técnicas empregadas para mellorar a posición dunha entidade ou individuo nos resultados das procuras en internet.

SHA

Secure Hash Algorithm (algoritmo de *hash* seguro). Familia de algoritmos criptográficos utilizados para garantir a titularidade e a integridade da información en internet.

SIM

Subscriber Identity Module (módulo de identificación do abonado). Tarxeta de móbil.

SLA

Service Level Agreement (acordo de nivel de servizo). Contrato entre un provedor de servizo e un cliente sobre as características do devandito servizo.

SMS

Short Message Service (servizo de mensaxes curtas).

SMTP

Simple Mail Transfer Protocol (protocolo simple de transferencia de correo).

SNMP

Simple Network Management Protocol. Protocolo para xestionar dispositivos conectados a internet, por exemplo impresoras.

SONAR

Sound Navigation and Ranging. Técnica para detectar e determinar a distancia e a dirección dos obxectos submarinos por medios

acústicos. As ondas sonoras emitidas ou reflectidas polo obxecto son detectadas por aparellos SONAR e analizadas para obter a información que conteñen.

SSL

Secure Sockets Layer (capa de sockets segura). Protocolo de seguridade de internet.

TACS

Total Access Communication System (servizo de comunicacións de acceso total).

TAV

Teléfono automático en vehículos. Antigo sistema de telefonía móbil de Telefónica.

TCP

Transmission Control Protocol. O protocolo de transporte de paquetes de internet.

TCP/IP

Transport Control Protocol e Internet Protocol (protocolo de control de transporte e protocolo de interrede). Son os protocolos por antonomasia da rede internet. O segundo deles, o protocolo da capa de rede, dálle nome á dita rede.

TDM

Time Division Multiplexing (multiplexación por división no tempo).

TDT

Televisión dixital terrestre.

TLS

Transport Layer Security. Protocolo de seguridade para internet.

UDP

User Datagram Protocol (protocolo de datagramas de usuario). Permite a transmisión sen unha conexión previa de información a través de internet.

UHF

Ultrahigh Frequency (frecuencia ultraalta). Banda de frecuencias na que se transmite televisión e telefonía móbil.

UI

User Interface (interface de usuario).

UMTS

Universal Mobile Telecommunications System (sistema universal de telecomunicacións móbiles). Tecnoloxía usada polos teléfonos móbiles de terceira (3G) xeración.

URI

Uniform Resource Identifier (identificador de recursos uniforme). Secuencia única de caracteres que identifica un recurso. As URI poden utilizarse para identificar calquera cousa, incluídos obxectos do mundo real, como persoas e lugares, conceptos ou recursos de información como páxinas web e libros etc.

URL

Uniform Resource Locator (localizador uniforme de recursos). Mecanismo usado polos navegadores de internet para obter calquera recurso publicado na web. É un tipo de URI.

VHF

Very High Frequency (frecuencia moi alta). Banda utilizada nas emisións de televisión analóxica e en radiocomunicacións.

VLAN

Virtual Local Area Network (rede de área local privada).

VLSI

Very Large Scale Integration (integración a moi grande escala). Tecnoloxía de fabricación de circuitos integrados.

VOD

Video on Demand (vídeo baixo demanda).

VoIP

Voice over IP (voz sobre IP). Tecnoloxía que permite realizar chamadas de voz utilizando unha conexión a internet de banda larga en lugar dunha liña telefónica tradicional.

VPN

Virtual Private Network (rede privada virtual).

WWWC

World Wide Web Consortium.

WAN

Wide Area Network. Rede de área ampla. Rede de información distribuída xeograficamente.

WAP

Wireless Application Protocol (protocolo sen fíos de aplicación). Protocolo que se utilizou para acceder a páxinas web nas redes 2G con GPRS.

WEP

Wired Equivalent Privacy (privacidade equivalente á do cable) Un dos primeiros protocolos de seguridade da Wi-Fi, xa obsoleto pola facilidade de atacalo.

Wi-Fi

Conxunto de tecnoloxías para a interconexión sen fíos de dispositivos entre si ou a internet a través dun punto de acceso de rede sen fíos. Wi-Fi realmente non é un acrónimo, senón unha marca comercial.

WLAN

Wireless Local Area Network (rede de área local sen fíos).

WoT

Web of Things (Web das cousas).

WPA

Wi-Fi Protected Access (acceso protexido Wi-Fi) Un dos protocolos de seguridade da Wi-Fi.

WSN

Wireless Sensors Network (rede de sensores sen fíos).

WWW

World-Wide Web.

XML

eXtensible Markup Language (linguaxe de marcado extensible). Linguaxe de marcado baseado en texto que ten unha estrutura de autodescrición e pode definir efectivamente calquera outra linguaxe de marcado.

Para saber más

John G. Proakis, ed. Wiley Encyclopedia of Telecommunications. Wiley, 2003. ISBN: 9780471219286. DOI: 10.1002/0471219282.

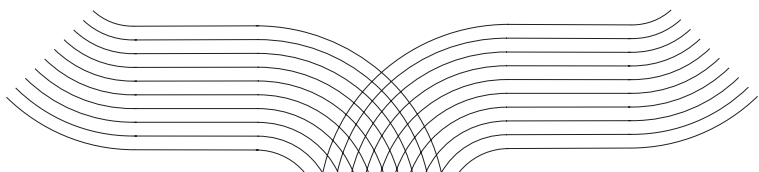
Martin J N Sibley. Modern Telecommunications: Basic Principles and Practices. CRC Press, 2018. ISBN: 9781351263597.

Sergio Gallardo Vázquez. Elementos de sistemas de telecomunicaciones. Paraninfo, 2019. ISBN: 9788428341455.

Safwan El Assad e Dominique Barba. Digital Communications 1: Fundamentals and Techniques. Wiley, 2020. ISBN: 9781119779803. DOI: 10.1002/9781119779803.

José Manuel Huidobro Moya. Telecomunicaciones. Tecnologías, Redes y Servicios. American Book Group - Ra-Ma, 2020. ISBN: 97816816- 57615.

David E. Borth, Wayne Eric Stark e James S. Lehnert. "Telecommunication". En: Encyclopædia Britannica Online. Encyclopædia Britannica, 2022.



Esenciais

Breviarios de divulgación do saber

Últimas publicacións na colección

Sistema inmunitario e vacinas (2022)

Andrea Fernández Carrera, Mercedes Peleteiro
Olmedo e África González Fernández

A astrofísica (2022)

Ana Ulla Miguel

O cambio climático (2021)

Diego Fernández Nóvoa, Marisela Des Villanueva
e Moncho Gómez Gesteira

Feminismo (2021)

Beatriz Suárez Briones e M.^a Jesús Fariña Busto

As enerxías renovables (2020)

Maite de Castro e Xurxo Costoya



9 7 8 - 8 4 - 8 1 5 8 - 9 4 3 - 6

As telecomunicacións

O noso obxectivo é ofrecer unha panorámica das telecomunicacións, centrándonos naqueles aspectos máis relevantes no momento actual. Presentamos os conceptos esenciais destas tecnoloxías, e describimos as infraestruturas de telecomunicacións e os servizos máis utilizados na actualidade. Ofrecemos tamén una breve introdución á computación na nube, á Internet das cousas e á

Industria 4.0, quizá os avances tecnolóxicos máis importantes que está a vivir a nosa sociedade, avances que serían imposibles sen os avances en telecomunicacións. Completamos este traballo cun glosario que recolle, a modo de prontuario de referencia básica en materia de telecomunicacións, os termos máis importantes destas tecnoloxías.

Servizo de Publicacións

Universidade de Vigo

