

UD 2. Elementos Físicos dunha Rede.

2.1. Conceptos previos.

2.1.1. Conceptos Matemáticos.

As matemáticas son de gran importancia na teoría da comunicación, xa que permiten representar os sinais como funcións variables no tempo. É posible realizar un modelo matemático que simule as características dos sistemas reais, puidendo así predecir o comportamento dos diferentes sistemas de comunicación.

Os sinais sinusoidais son aqueles que se representan coas funcións trigonométricas seno e coseno. Estas funcións son de especial importancia xa que pódese demostrar matematicamente que calquera sinal periódico se pode expresar como unha suma de senos e cosenos. A seguinte función sinusoidal utilízase ampliamente no estudio dos sinais:

$$f(t) = a_m \cdot \text{sen}(wt + \phi)$$

Trátase dun sinal periódico cos seguintes parámetros:

- a_m : Amplitude máxima. É o valor máximo alcanzado pola función. Diferénciase da amplitude instantánea, que é o valor que ten un sinal nun momento determinado.
- w : Frecuencia angular. Representa o número veces que se repite o sinal por unidade de tempo. A frecuencia a secas obtense coa fórmula $f = w / 2\pi$ e mídese en hertzios (Hz). O valor inverso $T = 1 / f$ corresponde ao período, mídese en segundos (s) e informa do tempo necesario para que se volte a repetir a estrutura periódica do sinal.
- t : Tempo. O valor da función varía con respecto ao tempo.
- ϕ : Fase ou desfase. É o desprazamento do sinal no tempo, e mídese en radianes (rad).

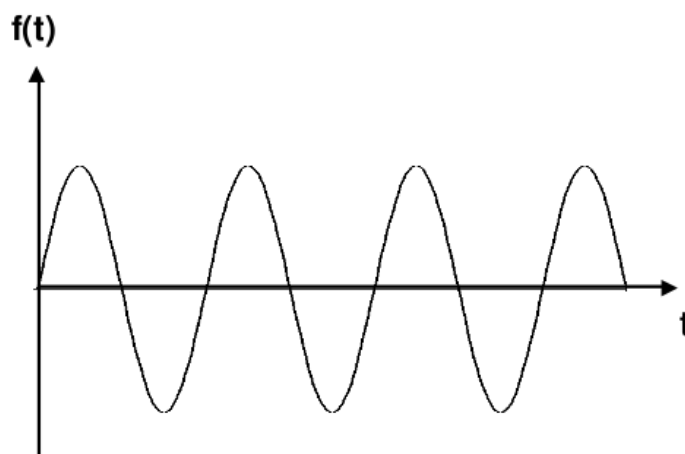


Figura 2.1. Representación gráfica dun sinal sinusoidal.

2.1.2. Conceptos físicos.

Os elementos dun sistema de comunicación non deixan de ser compoñentes físicos que seguen as leis da Física.

Ley de Ohm.

Todos os sinais eléctricos sofren unha diminución do seu nivel enerxético cando se transmiten por calquera medio de transmisión. Esa atenuación ríxese pola **ley de Ohm**, que relaciona a tensión entre os extremos do material e a intensidade de corrente que o atravesa. O resultado coñécese como **resistencia** eléctrica, ou nun concepto máis amplo **impedancia**.

$$R = V / I$$

R é a resistencia/impedancia, e mídese en ohmios (Ω).

V é a tensión e mídese en voltios (V).

I é a intensidade e mídese en amperios (A).

Decibelios.

Xa se comentou antes que calquera sinal leva asociada unha enerxía que se tranfire. Considerando un sistema de comunicación no seu conxunto, sempre hai unha proporción entre a enerxía ou potencia que entra no sistema e a que sae del. Chámase **ganancia** dun sistema á proporción entre as potencias de saída e de entrada, e mídese en **decibelios** (dB):

$$N^{\circ} \text{ dB} = 10 \times \log_{10} (P_{\text{saída}} / P_{\text{entrada}})$$

Cando a potencia de entrada é igual á de saída o número de dB é cero. Se a potencia de entrada é superior á de saída o sistema compórtase como un **atenuador** e ten unha ganancia negativa, é dicir, ten perdas. Se a potencia de entrada é menor que a de saída o sistema compórtase como un **amplificador** e a ganancia é positiva.

Espectro dun sinal e ancho de banda.

Un sinal pódese representar matematicamente, tanto en función do tempo como en función da frecuencia. Esta segunda representación chámase **espectro do sinal**, e é moi útil para moitas aplicacións en comunicacións, xa que representa o peso que ten cada frecuencia na formación do sinal. Outra ventaxa deste tipo de representación dos sinais é que en moitos casos simplifican enormemente os cálculos matemáticos.

Definimos o **ancho de banda dun sinal** como a diferenza entre o valor máximo e mínimo das frecuencias do espectro do sinal/mensaxe:

$$\text{Ancho de banda} = f_{\text{máxima}} - f_{\text{mínima}}$$

Do mesmo xeito que definimos o ancho de banda dun sinal, podemos definir o **ancho de banda dun canal** como a diferenza entre as frecuencias máxima e mínima que é capaz de transmitir. O canal transmitirá todos aqueles sinais nos que o espectro estea incluído dentro do ancho de banda do canal. Se unha parte do espectro do sinal cae fora do ancho de banda do canal, a transmisión será imposible ou non será de fidelidade. Dise que o canal filtrou o sinal.

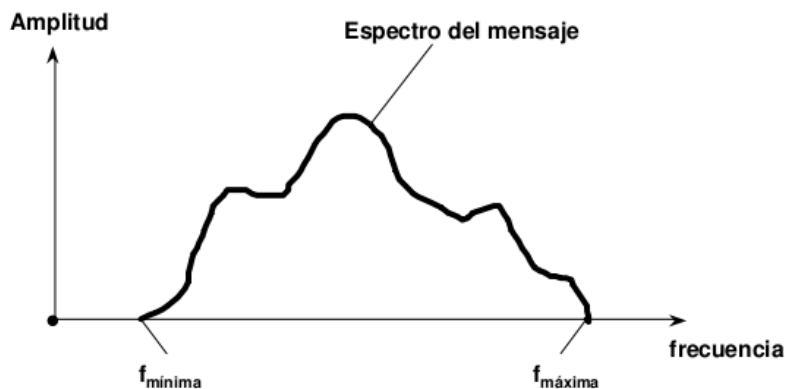


Figura 2.2. Espectro dun sinal ou representación no dominio da frecuencia.

A voz humana.

As liñas telefónicas están especialmente deseñadas para transmitir mensaxes de voz. O espectro da voz humana contén aproximadamente frecuencias entre os 100 Hz e os 10.000 Hz, pero son as frecuencias baixas, ata 500 ou 800 Hz as que aportan a meirande parte da información. En telefonía asígnaselle a banda que vai de 0 a 4kHz. Isto supón un recorte no ancho de banda natural da voz, o que proporciona o son característico da voz a través do teléfono. Para que a transmisión de voz a través das liñas telefónicas dose de boa fidelidade, sería necesario que todos os dispositivos que interveñen na comunicación tiveran un ancho de banda de polo menos 10 kHz, o ancho de banda do mensaxe humano.

Algo semellante ocorre coa capacidade de oír do oído humano. Os sonidos de baixa frecuencia, por debaixo dos 50 Hz, ou de frecuencia moi alta, a partires dos 17 kHz, son difíciles de escoitar.

Cada medio de transmisión ou almacenaxe ten o seu propio ancho de banda. Unha cinta analóxica de casete almacena información acústica cun ancho de banda de 14 kHz, un CD de audio sobre 44 kHz, etc. Polo tanto un CD almacena información de xeito máis fiel que un casete.

2.1.3. Deformacións dos sinais.

No proceso de transmisión hai unha serie de factores, como por exemplo as condicións metereolóxicas, que poden deformar ou alterar os sinais e conducir a perdas de información. Algúns son fácilmente evitables, pero outros, debido á súa natureza, non tanto. Os máis comúns son os seguintes:

- **Atenuación:** É un efecto producido polo debilitamento do sinal debido á resistencia que presentan o canal e demais elementos que interveñen na comunicación. Manifestase cun descenso da amplitude do sinal transmitido ata que se volta imperceptible, e ríxese pola ley de Ohm. Pódese corregir utilizando amplificadores ou repetidores.

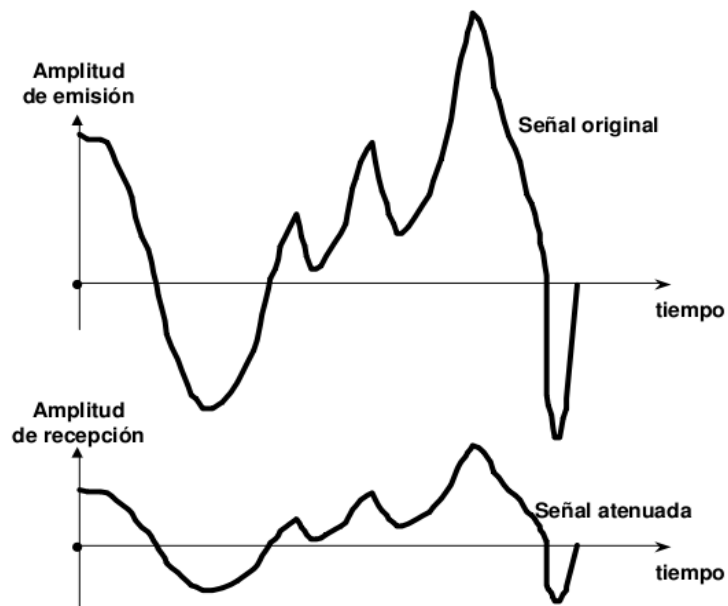


Figura 2.3. Atenuación.

- **Distorsión:** Consiste na deformación do sinal producido normalmente porque o canal compórtase de xeito distinto en cada frecuencia, como produto dunha falta de linealidade. Un **ecualizador** pode correxir os efectos da distorsión potenciando a amplitude do sinal naquelas frecuencias que o sistema, pola súa natureza, tende a atenuar.

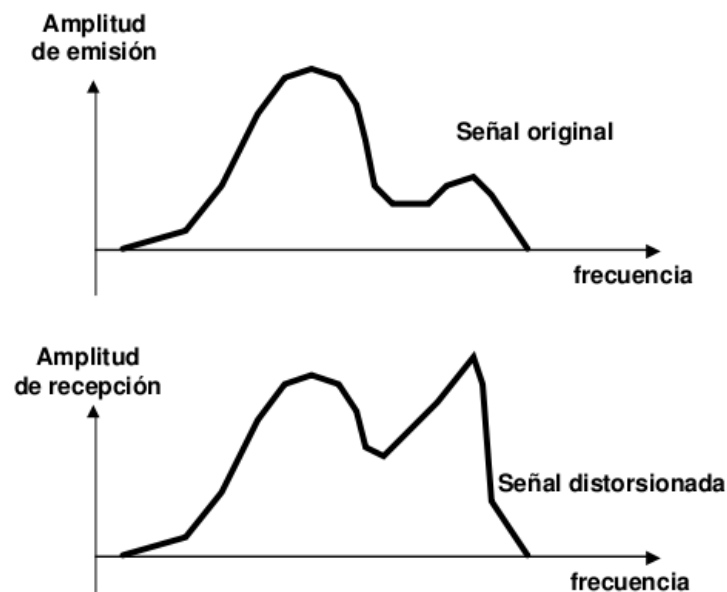


Figura 2.4. Distorsión.

- **Interferencia:** Consiste na suma ao sinal que se transmite dun sinal coñecido e non desexado. Prodúcese, por exemplo, unha interferencia nunha transmisión radiofónica cando dúas estacións transmiten na mesma frecuencia, superpoñéndose ambos mensaxes.

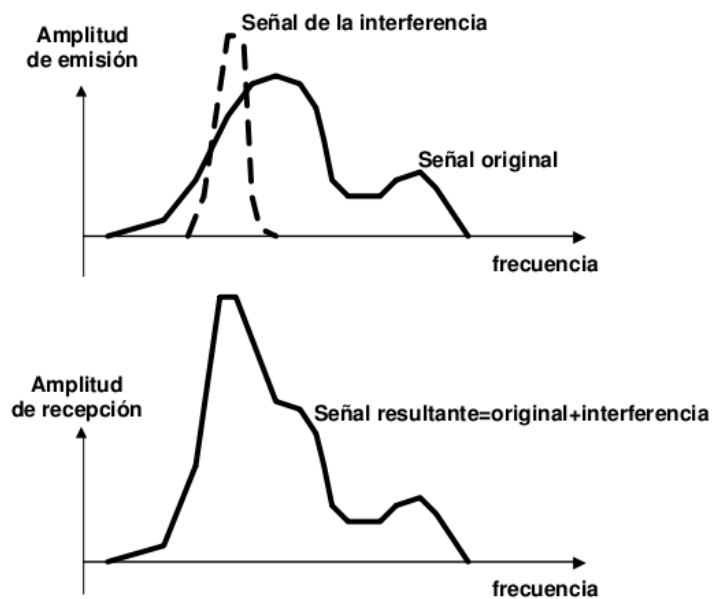


Figura 2.5. Interferencia.

- **Ruido:** É a suma de múltiples interferencias, probablemente de orixe descoñecida e natureza aleatoria. Os propios dispositivos de comunicación poden xerar ruído eléctrico. En ocasións o ruído é selectivo e pódese aislar.

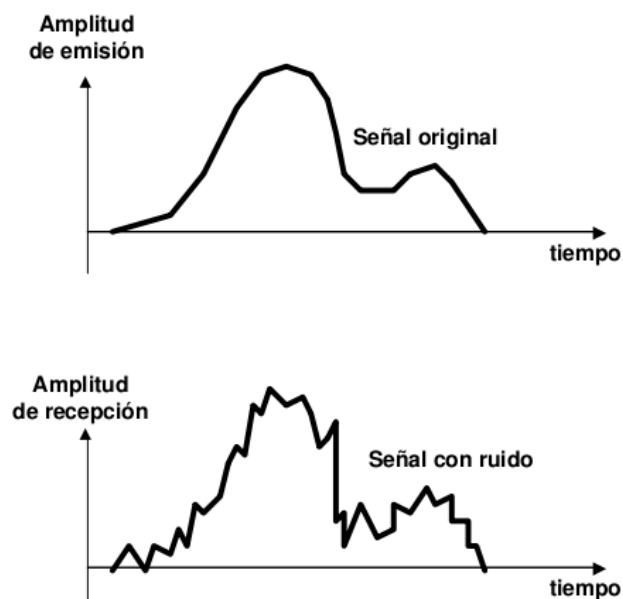


Figura 2.6. Ruido.

2.1.4. O espectro electromagnético.

Existen multitude de sinais ou ondas electromagnéticas. Non todos os sinais se transmiten por todos os medios de transmisión, porque as tecnoloxías que se utilizan son distintas. Algúns sinais só son apropiados para redes de área local, outros para redes de área extensa, e outros para outras aplicacións que non necesariamente relacionadas coa comunicación.

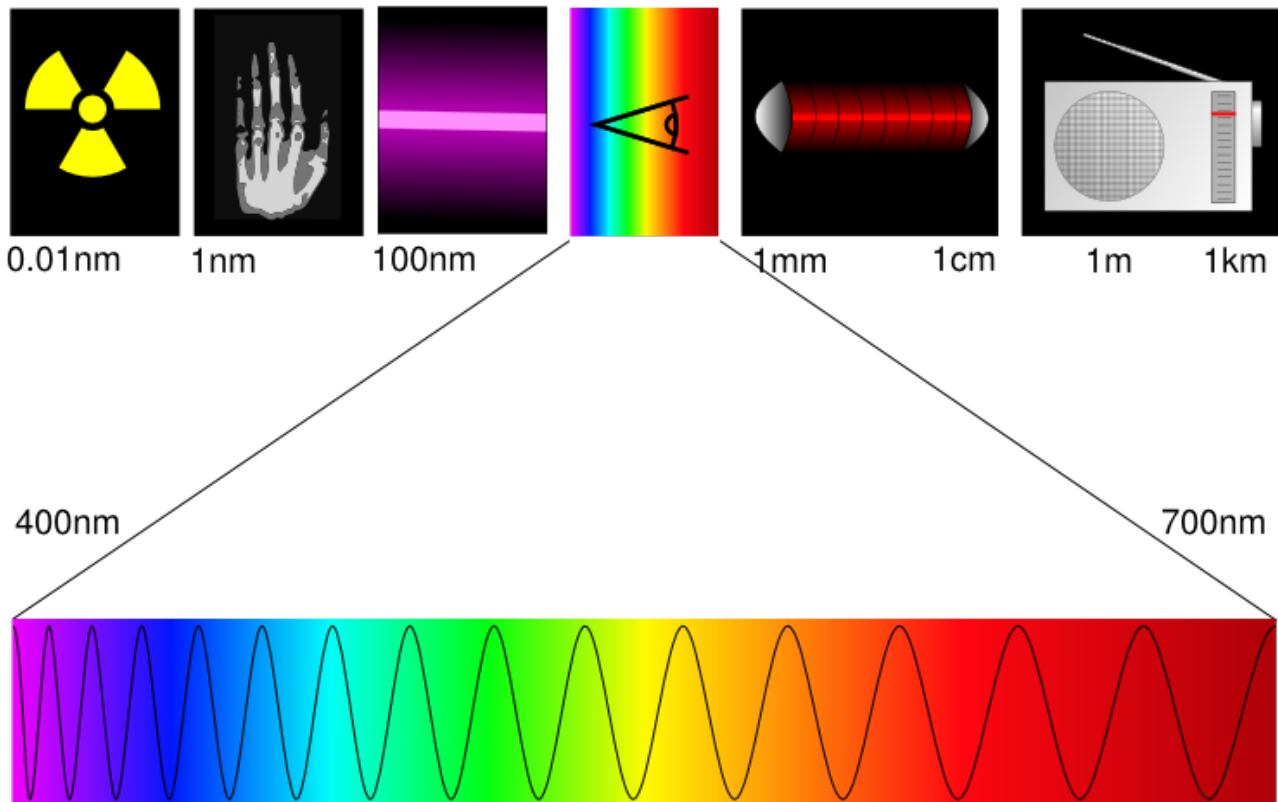


Figura 2.7. Diferentes sinais teñen diferentes aplicacións.

O espectro electromagnético é o mapa de posibles frecuencias coñecidas para sinais electromagnéticos. É un continuo de frecuencias, que se foron descubrindo ao longo da historia da tecnoloxía,

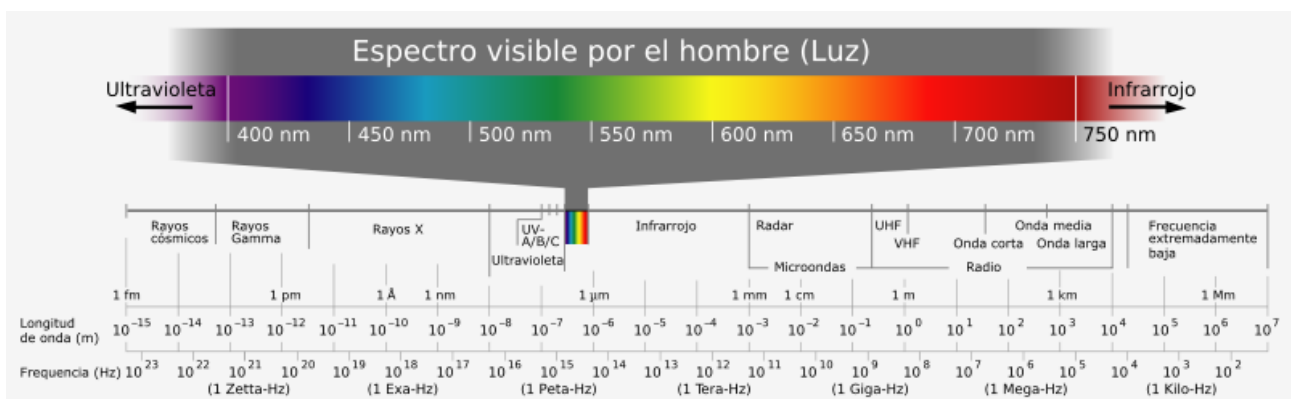


Figura 2.8. O espectro electromagnético.

Nome do sinal	Frecuencia (Hz)	Lonxitude Onda (m)	Aplicacións
Raios Gamma	> 30.0 EHz	< 10 pm	Radiactividade, Enerxía nuclear
Raios X	> 30.0 PHz	< 10 nm	Raios X médicos
Ultravioleta (UV)	> 789 THz	< 380 nm	Cabina de bronceado

Luz visible	> 384 THz	< 780 nm	
Infravermello (IR)	> 300 GHz	< 1 mm	Fibras ópticas, Lámpara de Calor
Microondas (MW)	> 1.0 GHz	< 30 cm	Satélites, Forno Microondas
Radio moi alta Frecuencia	> 30 MHz	< 1 m	Satélites, Radar, TV UHF
Radio Onda Corta	> 1.7 MHz	< 180 m	FM, TV VHF, Rádio Móvil
Radio Onda Media	> 650 kHz	< 650 m	Radio AM, Aeronáutica, Cable Submarino
Radio Onda Larga	> 30 kHz	< 10 km	Teléfono, Radio Transoceánica
Frecuencias moi baixas	< 30 kHz	> 10 km	Audio, Teléfono, Telégrafo, Liña Eléctrica

Táboa 2.1. O espectro electromagnético.

En comunicacións, canto máis información teña a mensaxe que queremos transmitir, maior será o seu ancho de banda (diferencia entre a frecuencia máxima e mínima do sinal), e precisaremos de sinais de maior frecuencia para transmitilo. Así, por exemplo, a transmisión dun sinal de televisión require frecuencias superiores ás transmisións de radio; un sinal de microondas de 5GHz contén 10.000 veces máis información que un enlace de radiofrecuencia de 500 kHz, e un láser de $5 \cdot 10^{14}$ Hz ten unha capacidade equivalente a 100.000 enlaces de microondas. Estas medidas só son teóricas, xa que a tecnoloxía actual aínda non permite estas proporcións, pero serven para facernos unha idea do comportamento do espectro electromagnético.

2.1.5. Modulación.

Un sinal só se pode transmitir por un canal que permita a propagación dese tipo de sinais. Sen embargo, non é suficiente coa adecuación na natureza do sinal e o canal. O sinal, ademais, debe ter uns parámetros axeitados. Por exemplo, un canal pode transmitir ben determinadas frecuencias e mal outras. A **modulación** tenta acadar esa adecuación entre sinal e canal.

O **modulador** é o dispositivo encargado de efectuar a modulación. En telecomunicacións a modulación é a operación pola que se pasa dun sinal dixital ao seu equivalente analóxico, sendo a **demodulación** a operación inversa. O dispositivo que modula e demodula o sinal dixital e analóxico respectivamente chámase **módem**.

Non debemos confundir o módem co transductor: o módem non muda a natureza do sinal.

Os motivos para realizar a modulación poden ser diversos:

- **Facilidade de radiación.** A transmisión de sinais de baixa frecuencia, como a voz humana, requiriría construír antenas demasiado grandes. Para solucionar este problema, modúlase o sinal, trasladándoo a outra banda de frecuencias máis altas que faciliten a súa radiación.
- **Redución do ruído e limitacións dos equipos.** Cando os equipos presentan deficiencias ou demasiadas interferencias en determinadas bandas de frecuencias, modúlanse os sinais para transmitilos en outras bandas que permitan mellores condicións.
- **Multicanalización e asignacións de frecuencia.** O máis normal é que un mesmo canal sexa compartido por varias comunicacións. Para que estas non se misturen séguese o proceso de **multicanalización** que consiste nunha asignación temporal de frecuencia do sinal durante a súa viaxe polo canal. Deste xeito, por unha mesma liña de transmisión pódense multicanalizar ou multiplexar varios sinais, cada un viaxando na súa propia banda de frecuencia.

En determinados ámbitos son as administracións públicas as encargadas destas asignacións, concedendo licenzas de uso para determinadas bandas de frecuencia. Se non se respetaran estas asignacións produciríanse fenómenos de interferencia. A modulación nestes casos serve para desprazar o espectro de cada mensaxe á súa banda de frecuencia asignada.

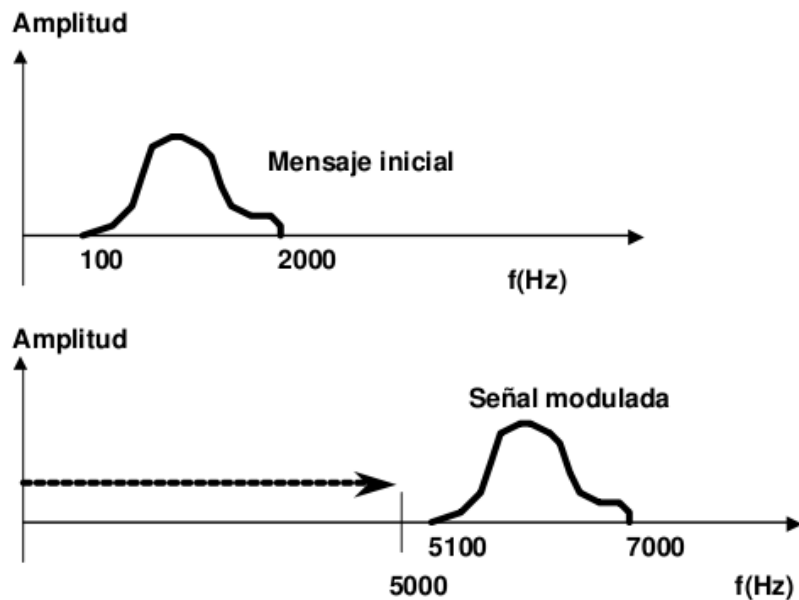


Figura 2.9. Efecto da modulación no espectro dun sinal.

Existen diferentes tipos de modulación:

- **Lineal** ou de onda continua, que básicamente consiste en variar algún dos parámetros esenciais dos sinais sinusoidais: amplitude, frecuencia, fase.
- **Por pulsos**, máis apropiada para transmisións dixitais.
- **Codificada**, unha mezcla das dúas anteriores.

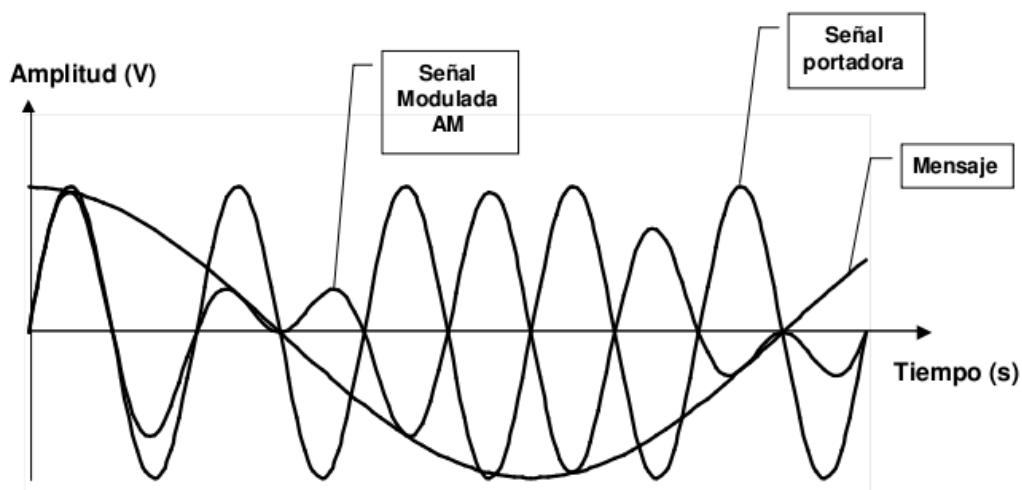


Figura 2.10. Modulación Lineal en Amplitude (AM).

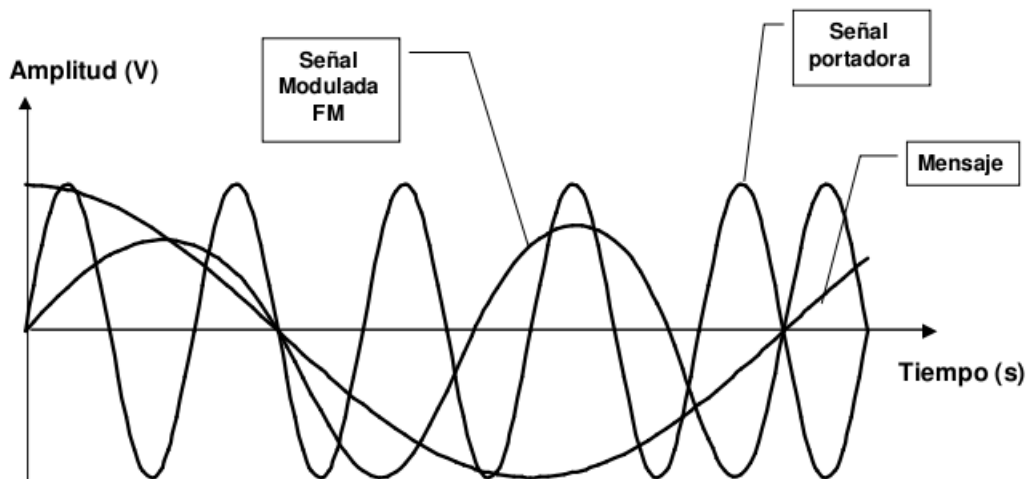


Figura 2.11. Modulación Lineal en Frecuencia (FM).

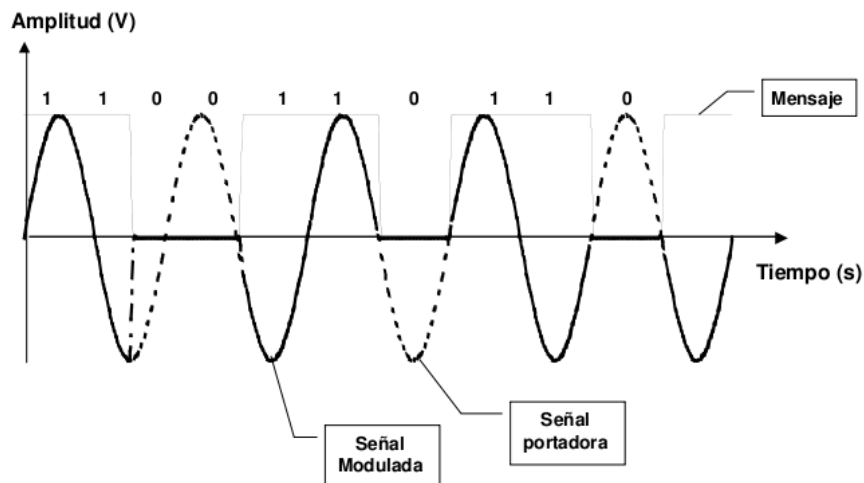


Figura 2.12. Modulación dun sinal dixital.

2.1.6. Multiplexación.

A **multiplexación** é unha técnica utilizada en comunicacións pola que un canal físico é compartido por varios sinais que poden proceder de emisoros distintos e ter como destino distintos receptores. Existen varios tipos de multiplexación:

- **Na frecuencia** ou FDM. Os canais lóxicos que comparten o único canal físico establécense por multicanalización en frecuencia, asignando a cada canal lóxico unha banda de frecuencia. Entre dúas bandas de frecuencia consecutivas establécense unha banda de seguridade para evitar interferencias.

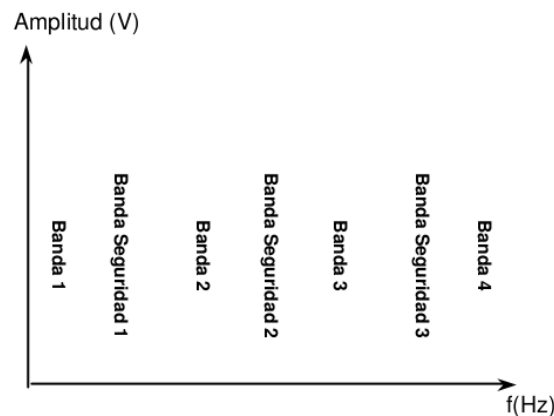


Figura 2.13. Multiplexación na frecuencia.

- **No tempo** ou TDM. Os canais lóxicos se asignan repartindo o tempo de uso do canal físico entre os emisores, establecendo *slots* ou ranuras temporais. Así, cada emisor utiliza todo o canal físico durante o tempo que ten asignado, e deberá esperar á seguinte ranura para voltar a transmitir se ten necesidade.

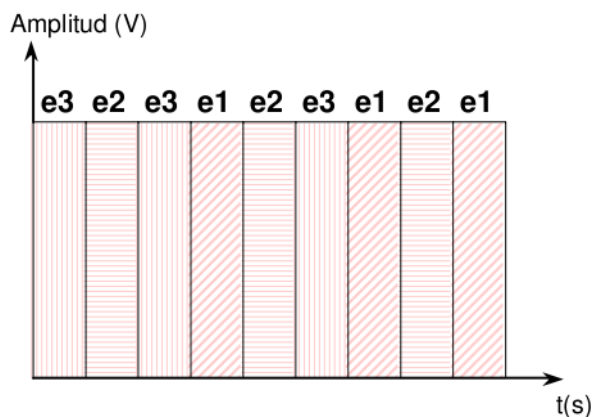


Figura 2.14. Multiplexación no tempo.

- **Técnicas combinadas.** As dúas técnicas anteriores pódense combinar, de xeito que cada emisor poida utilizar físico só en determinados intervalos de tempo e na banda de frecuencia que teña asignada.

2.2. Os medios de transmisión.

O medio de transmisión é o soporte físico que facilita o transporte da información, o nexa físico que une os equipos terminais. Debe ser axeitado ao tipo de sinal físico que vai transmitir. Cada medio de transmisión ten ventaxas e inconvenientes, e hai unha serie de factores a ter en conta á hora de elixir un ou outro:

- Tipo de instalación na que é máis axeitado.
- Tipo de sinais que pode transmitir.
- Topoloxías que soporta.
- Fiabilidade e vulnerabilidade.
- Influencia das interferencias.

- Economía e facilidade de instalación.
- Seguridade e facilidade para intervir o medio.

En función de cómo se conduce ou guía a información a través do medio de transmisión, podemos facer a seguinte clasificación:

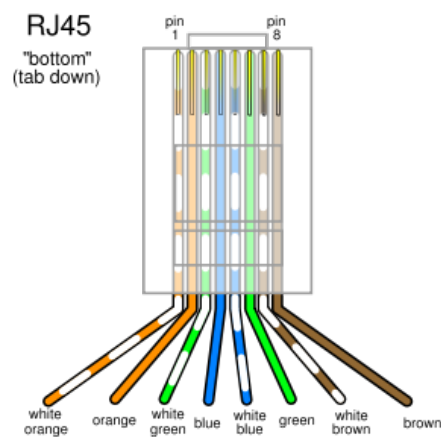
- Medios de transmisión guiados, nos que a dirección na que circula a información ven imposta polo propio medio. Por exemplo:
 - Cables de pares.
 - Cable coaxial.
 - Fibra óptica.
 - Rede eléctrica. PLC.
- Medios de transmisión non guiados, nos que a emisión da información é omnidireccional ou parcialmente dirixida, pero nunca quiada. Por exemplo:
 - Radio de inda curta.
 - Infravermellos.
 - Telefonía celular.
 - Microondas por satélite geoestacionario.
 - Redes de satélite de órbita baixa.

2.2.1. Cables de pares.

O par de fíos de chumbo é o medio guiado máis simple utilizado en telemática. Son unha evolución do sistema utilizado en telegrafía. O diámetro dos fíos, aislados cunha cuberta plástica oscila entre 0,4 e 1,3 mm.



Figura 2.15. a) Conectores RJ45.



b) Cores dos pares de cables.

As súas principais ventaxas son o baixo coste e a pouca complexidade tecnolóxica, o que implica unha fácil instalación.

A principal desvantaxa é a súa alta sensibilidade ás interferencias electromagnéticas do medio (EMI). Así, un dos seus problemas máis graves é a diafonía por inducción, que se tenta subsanar mediante o trenzado dos pares. Outra técnica para aislar aos pares das interferencias externas consiste en protexer os cables mediante unha pantalla de hilos de cobre formando unha malla ou mediante papel de aluminio. Este tipo de cables denomínanse **apantallados** (**STP, Shielded Twisted Pair**), en oposición a **UTP, Unshielded Twisted Pair**.

Outras desvantaxas deste tipo de cables son o seu gran volumen, o peso e a pouca capacidade de transmisión para distancias medias ou grandes, o que provoca a necesidade de colocar repetidores con moita frecuencia.

O sistema telefónico actual, na parte do bucle de abonado, baséase no uso deste tipo de cable (conectores **RJ11**). O ancho de banda depende de múltiples factores: o grosor do cable, a distancia, o tipo de aislamiento, o grado de trenzado, etc. Poden chegar a transmitir da orde de Mbps a varios kilómetros. Hoxe en día, todos os sistemas de rede local poden emplear este tipo de cable (**conectores RJ45**), que xunto coa fibra óptica é o máis utilizado, e espérase que siga sendo popular bastantes anos máis. É moi frecuente o seu uso en instalacións de redes de área local con topoloxía en estrela mediante o uso de concentradores ou conmutadores como nodo central.

Actualmente o estándar ISO 11801 clasifica este tipo de cables en categorías e clases segundo as súas calidade e prestacións.

Categoría	Uso	Ancho de Banda
1	Voz solamente (cable telefónico)	100 KHz
2	Datos hasta 4 Mbps (Localtalk, Apple)	1MHz

3	Datos hasta 10 Mbps (Ethernet 10Base-T)	16 MHz
4	Datos hasta 20 Mbps (Token Ring)	20 MHz
5	Datos hasta 100 Mbps (FastEthernet 100Base-T)	100 Mhz
5E	Datos hasta 1000 Mbps (Gigabit Ethernet 1000Base-T)	100 MHz
6	Datos hasta 10 Gigabits (10GBase-T)	250 MHz
7	En desenvolvemento	600 MHz

Táboa para distancias de 100m

2.2.2. Cable coaxial.

Está formado por un conductor central macizo (ou composto por múltiples fibras), normalmente de cobre, rodeado dun material aislante, que á súa vez está envolto nun conductor cilíndrico ou malla trenzada. Todo o conxunto está recuberto e protexido por un material aislante, normalmente algún tipo de plástico.

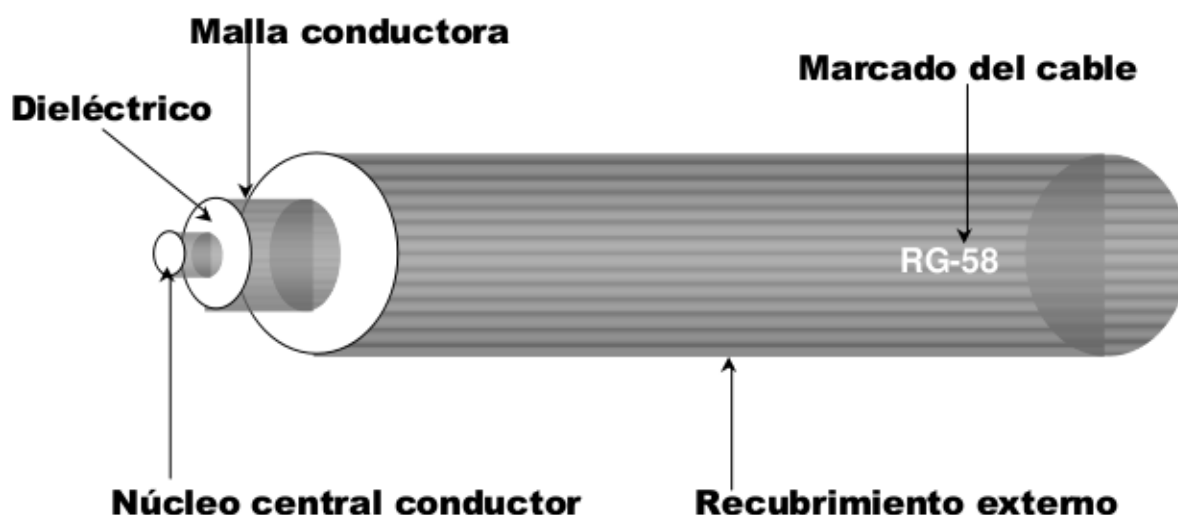


Figura 2.16. Estructura dun cable coaxial.

A disposición concéntrica dos condutores fai que o campo magnético, producido polo paso do sinal a través do cable, quede confinado no seu interior. A información viaxa así máis protexida das interferencias exteriores.

Esta inmunidade e o seu grande ancho de banda, que supera facilmente o Ghz, permiten velocidades superiores aos 100 Mbps en distancias medias e longas, ou de varios Gbps a distancias de ata 1 km.

O cable coaxial utilizouse antes que o de par trenzado nas instalacións de redes de área local Ethernet, en topoloxías de bus e anel. En concreto usábase o **RG58** ou cable coaxial fino. Unha rede coaxial créase por medio da unión de seccións de cable coaxial con conectores tipo **T** ou tipo **Y** (aos que se conectan os equipos terminais) para formar un largo segmento. Nos extremos do segmento colócanse unha pezas especiais chamadas *terminadores*.

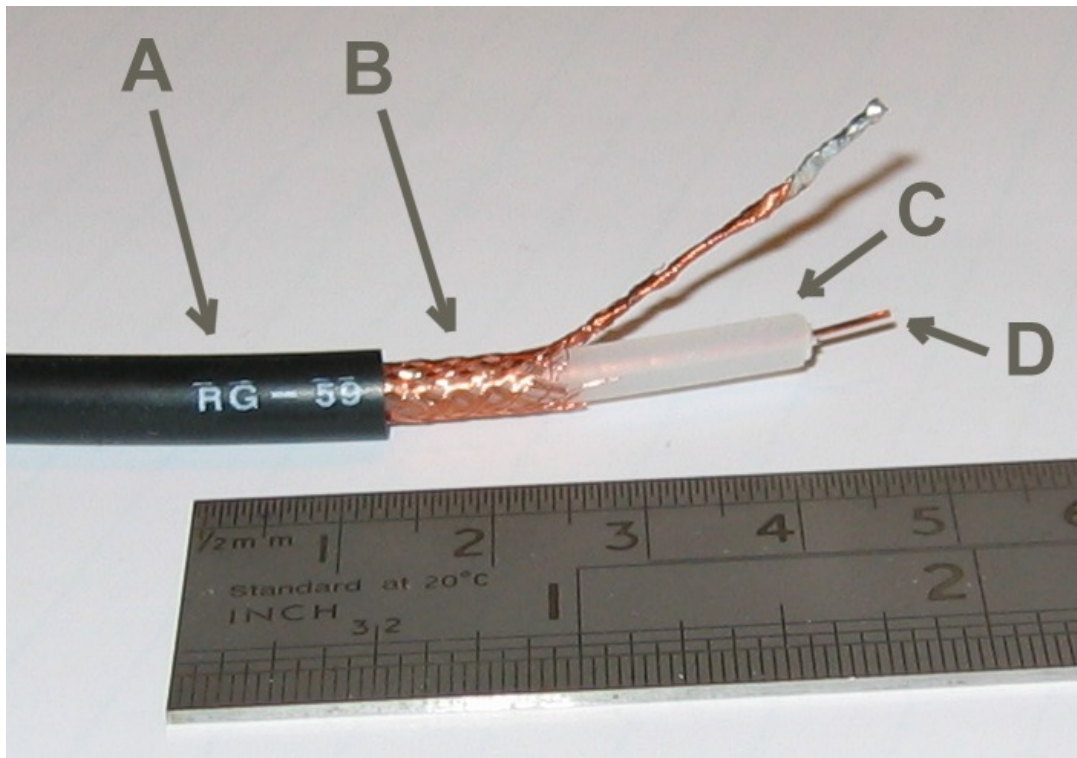


Figura 2.17. Cable Coaxial RJ-59. A) Cuberta. B) Malla de cobre. C) Aislante. D) Núcleo de cobre.

O segmento coaxial completo debe permanecer intacto para que funcione a rede. Se se daña ou desconecta unha sección a rede queda inutilizable. Tamén se interrompe a rede ao efectuar cambios, por exemplo cando se engade un novo ordenador.

Tanto os cables coaxiais coma os de par trenzado pódense usar para crear unha rede de área local. O par trenzado é máis fácil de utilizar, e é o que atoparemos en todas as novas instalacións. Sen embargo, aínda que xa non se monten redes con cableado coaxial, pode que atopemos redes antigas que sigan utilizando esta tecnoloxía.

Resumindo, o par trenzado ven de reemplazar ao cable coaxial nas redes de área local, xa que é máis fácil de usar e máis flexible. Como consecuencia disto, todos os equipos comerciais hoxe en día dispoñen de conectores para cables de par trenzado (**RJ45**).

2.2.3. Fibra óptica.

[A fibra óptica](#) permite a transmisión de sinais luminosos. Cando un sinal supera frecuencias de 10^{10} Hz falamos de **frecuencias ópticas**. Os medios conductores metálicos son incapaces de soportar estas frecuencias tan elevadas e son necesarios medios de transmisión ópticos.

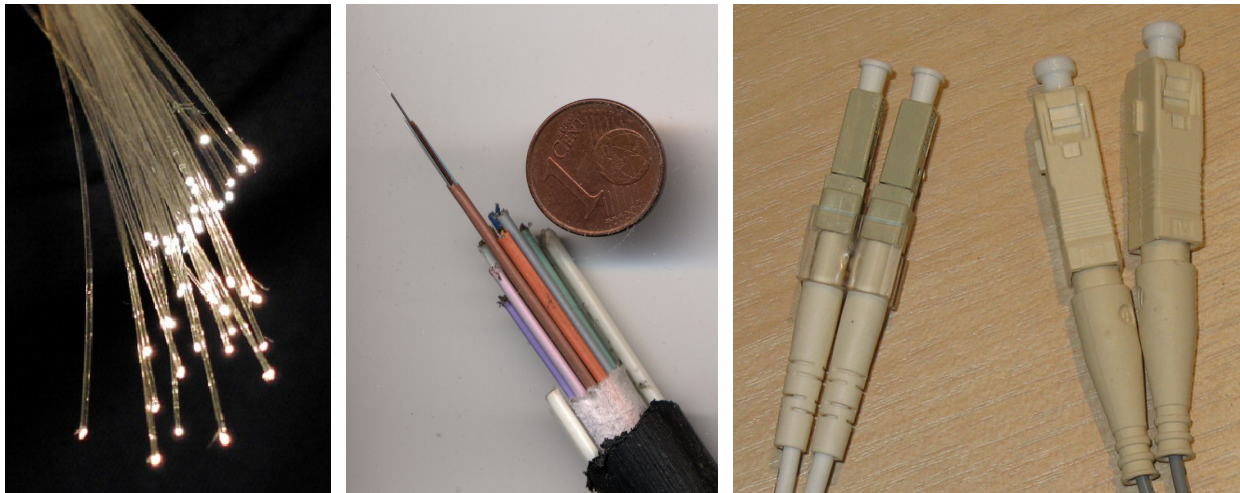


Figura 2.18. a) Fibra óptica brillando ao transmitir luz. b) Sección dun cable. c) Conectores de fibra óptica.

A fibra óptica é un sistema de transmisión de información dixital está composto por tres compoñentes principais:

1. **A fonte de luz.** Os ordenadores manipulan a información en forma de sinais eléctricos, polo que será necesario un dispositivo (transdutor) que transforme o sinal eléctrico nun sinal luminoso. Normalmente utilízase un **diodo láser**, aínda que polo seu baixo coste tamén se soe utilizar un diodo electro-luminiscente (**LED**, diodo emisor de luz). A luz ambiental (visible) non é unha boa fonte de transmisión de datos xa que é unha mistura de sinais de moitas frecuencias distintas.
2. **O medio de transmisión.** A composición dun cable de fibra óptica sonsta básicamente dun núcleo, feito usualmente de vidro, un revestimento e unha cuberta opaca protectora. O índice de refracción do núcleo é distinto do revestimento, o que impide aos raios que entran co ángulo axeitado que abandonen o medio ata saír polo outro extremo da fibra. A fibra óptica pode ser de dous tipos, **monomodo** e **multimodo**, en función de se se propagan un ou varios raios ao mesmo tempo respectivamente.
3. **O detector de luz.** Como elemento receptor, encargado de devolver o sinal a formato eléctrico, faise uso dun dispositivo semiconductor sensible á luz, como, por exemplo, un **fototransistor**.

A fibra óptica posúe unha serie de ventaxas que a converten nun elemento protagonista no mundo das comunicacións:

1. Gran ancho de banda, o que permite velocidades de transferencia altísimas (próximamente serán comerciais velocidades superiores ao Tbps).
2. Perdas por atenuación moi pequenas (xa en 1984 conseguíronse transmitir 420 Mbps a 120 km sen amplificar e con taxas de erro inferiores ás do mellor coaxial).
3. Inmunityde electromagnética. Dado o carácter non eléctrico do sinal, conta cunha inmunityde total ás interferencias electromagnéticas de todo tipo.
4. Constitución lixeira: menor volume, máis lixeiras e baratas que conductores metálicos de similar capacidade, e resistentes aos ambientes corrosivos que afectan negativamente aos conductores metálicos.

As únicas desvantaxas son as derivadas da dificultade de manexo deste tipo de material e das

conexións cos condutores metálicos. Hoxe en día os interfaces entre a fibra e o resto do sistema de comunicación aínda son caros. Tamén son delicadas as conexións entre fibras, xa que, es sí mesma, é extraordinariamente fráxil.

Na actualidade a fibra vai substituindo progresivamente aos condutores metálicos en proxectos de transmisión dixital que requiren elevados volúmenes de transferencia. Asistimos a un proceso de xeneralización do cableado con fibra óptica.

2.2.4. Rede eléctrica. PLC.

Os sistemas **PLC** ou **Powerline** utilizan a rede eléctrica para transmitir información dixital. Esta tecnoloxía pretende acabar cos problemas de cableado nas vivendas. A unión desta tecnoloxía e os sistemas WiFi facilitan a instalación dunha rede doméstica e incluso a nivel empresarial. O coste, que promete ser reducido nun futuro, é aínda moi elevado pola necesidade de adaptadores de rede eléctrica a ethernet.

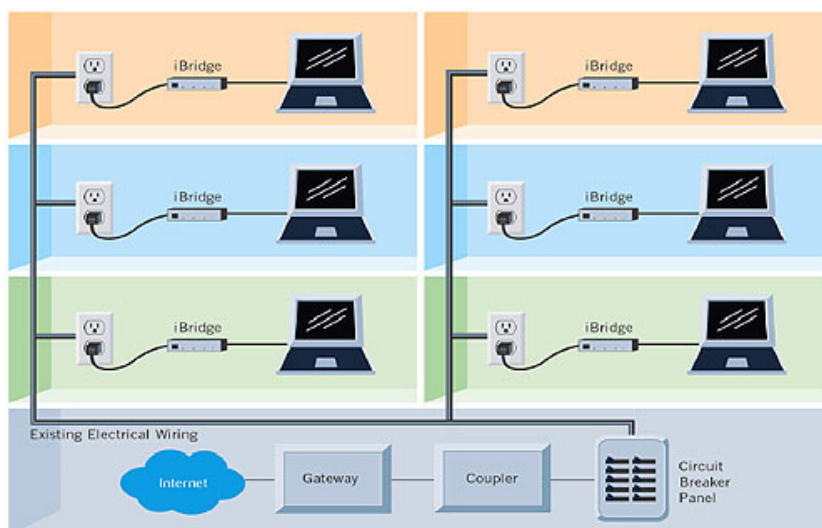


Figura 2.19. Esquema de rede usando PLC con saída cara Internet.

A velocidade deste tipo de redes eléctricas alcanza os 14 Mbps. O acceso a Internet realizaríase de forma convencional, mediante un módem cara a liña telefónica, unha liña de ADSL, cable módem, etc.

O estándar que regula este sistema denomínase **HomePlug**, que soluciona algúns dos problemas de interferencias con aparatos electrodomésticos, e permitíu tamén que moitos fabricantes inicien a comercialización deste tipo de produtos.

2.2.5. Medios de transmisión non guiados.

Non precisan de cables para facer chegar a información ao seu destino. A transmisión e recepción realízase fundamentalmente por medio de antenas, a través de ondas electromagnéticas que se propagan á velocidade da luz polo aire da atmósfera ou o vacío do espazo. En ocasións poden darse problemas de transmisión provocados por axentes meteorolóxicos. En xeral, canto maior é a frecuencia do sinal máis sensible é a este tipo de problemas, de xeito que a distancia entre a antena emisora e receptora debe ser menor. En ausencia de atmósfera as transmisións son moito máis fiables, permitindo o uso de moi altas frecuencias e, polo tanto, transmisións de alta capacidade.

A transmisión pode ser **direccional** (as antenas deben estar alineadas) ou **omnidireccional** (o sinal propágase en todas as direccións).



Figura 2.20. Antenas parabólicas.

As ventaxas destes medios de transmisión son a comodidade e flexibilidade que presentan: non son necesarios complexos sistemas de cableado, os postos pódense desprazar sen grandes problemas, etc.

As desvantaxas, con respecto aos sistemas de cableado son a súa menor velocidade de transmisión, a maior facilidade de intervir o medio se non se toman as medidas de seguridade axeitadas, e a unhas fortes imposicións administrativas nas bandas de frecuencia que poden utilizar, xa que os parámetros de transmisión normalmente están lexislados polas administracións públicas.

Os medios máis usados neste tipo de transmisións son:

- **Infravermellos.** Utilízanse para comunicacións a cortas distancias a velocidades que poden superar os 10 Mbps. Compórtanse de xeito similar á luz, non poden atravesar obxectos sólidos como as paredes e presentan unha forte resistencia ás interferencias electromagnéticas. Utilizan un protocolo simple e compoñentes económicos e de baixo consumo de potencia que os fan moi indicados para dispositivos portátiles. Sen embargo son moi sensibles aos obxectos móbiles que se interpoñen, e a súa baixa potencia limitan a cobertura a unhas poucas decenas de metros.
- **Ondas de radio-frecuencia.** Utilizan frecuencias adicadas (que requiren autorización dos organismos reguladores das telecomunicacións) ou no rango das microondas (2,4 e 5 Ghz que non requiren autorización). Estas últimas están representadas pola tecnoloxía **Bluetooth** e as redes inalámbricas **IEEE 802.11 (WiFi)** que veñen disfrutando dun incremento xeralizado nos últimos anos.
- **Ondas curtas.** Utilizan a ionoesfera terrestre como espello reflector entre o emisor e o receptor. De este xeito son posibles comunicacións de longa distancia, intercontinentais. Sen embargo a frecuencia é baixa e o ancho de banda pequeno, polo que non é un bo modo de transmisión de sinais dixitais.
- **Microondas.** Utilizan unha frecuencia moi alta, o que proporciona un maior ancho de banda en distancias entre os 50 e 100 km. As antenas teñen forma parabólica e pódense ver ao longo da xeografía na cima dos montes con boa visibilidade.

- **Satélites.** Tanto os xeostacionarios como as redes de órbita baixa permiten moi altas velocidades e unha gran liberdade xeográfica. Os seus principais inconvenientes son o elevado coste que supón colocar e manter un satélite no espazo e o retardo producido nas transmisión ao teren que viaxar os sinais longas distancias. Unha das aplicacións das redes de satélites son os sistemas de posicionamento global (GPS).

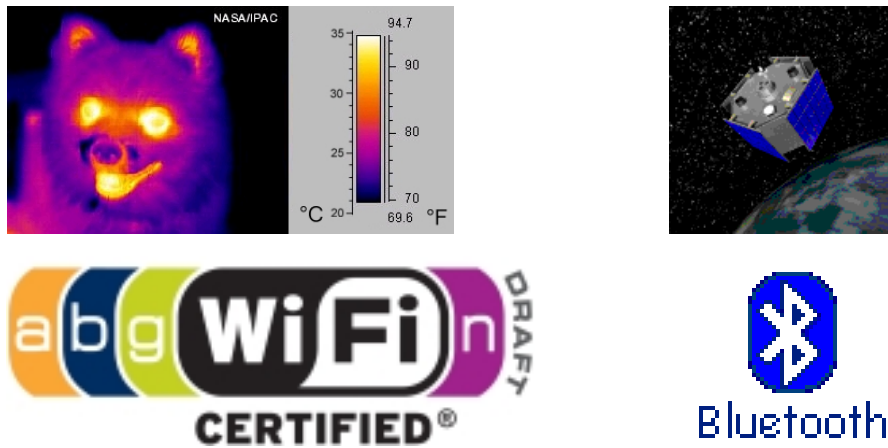


Figura 2.21. Tecnoloxías Inalámbricas: Infravermellos, satélites, Wi Fi, Bluetooth.

2.3. Dispositivos de Interconexión de equipos.

2.3.1. NIC, tarxeta ou interfaz de rede.

Todo equipo precisa dunha tarxeta ou interfaz de rede (NIC, *Network Interface Card*) para poder establecer unha comunicación a través da rede.

Hoxe en día todos os ordenadores véndense normalmente coa tarxeta NIC integrada na propia placa base, pero isto non ten porqué ser suficiente, xa que nalgún caso pode ser necesario instalar algunha máis. Existen no mercado tarxetas de rede para cada un dos estándares posibles, aínda que as máis comuns para redes cableadas son as que corresponden aos distintos estándares de Ethernet, normalmente Fast Ethernet e Gigabit Ethernet. Algunhas marcas comuns son 3Com, Intel, SMC, etc.



Figura 2.23. Tarxetas de rede. a) BNC, RJ45. b) RJ45. c) Inalámbrica (WiFi).

Á hora de escoller unha tarxeta de rede débense ter en conta as seguintes características:

- A velocidade do concentrador (hub) ou conmutador (switch) da rede, o ancho de banda da conexión a Internet ou a velocidade de transferencia da rede interna, xa sexa **Ethernet** (10Mbps), **Fast Ethernet** (100 Mbps) ou **Gigabit Ethernet** (1000 Mbps). Hai que ter en conta que, nunha comunicación, quen determina a velocidade de transferencia dos datos sempre é o compoñente máis lento, polo que de nada servirá adquirir unha NIC Gigabit Ethernet se o dispositivo de interconexión (hub ou switch) que comunica os distintos equipos só traballa co estándar Ethernet.
- O tipo de conector necesario: **RJ45** para par trenzado (cable UTP ou STP), **BNC** para cable coaxial, etc. Hoxe en día a elección é trivial xa que apenas se utiliza o cable coaxial salvo en vellas instalacións. Se a tarxeta de rede é inalámbrica este aspecto carece de sentido.
- O tipo de conexión co ordenador. Se a tarxeta de rede é interna, o normal é que se use un slot **PCI**. Os slots **ISA** só se atopan xa en equipos obsoletos. Tamén é posible que a tarxeta se conecte a un porto **USB**, ou no caso dun portátil a un porto **PCMCIA**.
- O sistema operativo baixo o que deben funcionar. No caso do S.O. Windows, a maioría dos fabricantes suministran o software (controlador ou driver) necesario. No caso de Linux, as últimas distribucións deste S.O. recoñecen a maioría das tarxetas sen problemas.

2.3.2. O concentrador ou hub.

Os **concentradores (hub)** utilízanse para conectar equipos, impresoras e outros dispositivos dentro dunha mesma rede. Póderíase dicir que o hub é unha especie de repetidor pero con múltiples portos,

xa que a súa función consiste en rexenerar o sinal que lle chega por un dos seus portos e reenvialo por todos os demais. Por iso tamén se lle chama en ocasións *repetidor multiporto*, sendo moi eficaz cando o que se quere é difundir un mensaxe entre varias máquinas. Sen embargo presenta unha serie de inconvenientes importantes:

- Se o que queremos é simplemente comunicar un mensaxe dende un emisor cara un unico receptor o mensaxe será escoitado tamén polo resto. O problema de averiguar o destinatario solúciónase engadindo un identificador que o identifique, pero iso non evita que a información transmitida poida ser escoitada por outros.
- O feito de que o hub sexa un elemento de difusión fai que o medio de transmisión sexa compartido por todos os equipos. No momento en que dous equipos están facendo uso deste, o resto deberá manterse á espera de que o medio quede libre. No caso contrario produciríanse interferencias (colisións) entre os datos enviados por varias máquinas e a comunicación sería inintelixible. A solución a este problema consiste en establecer unha normas de control de acceso ao medio para que cada equipo teña o seu turno.



Figura 2.24. Hub de 4 portos Netgear.

Por todo isto, só será conveniente utilizar un hub en rede cun numero de equipos reducido e con tráfico entre eles tamén reducido.

2.3.3. O conmutador ou switch.

O **conmutador** ou **switch** é un dispositivo de rede que permite, ao igual que o hub, conectar varios dispositivos de rede. O seu aspecto físico é similar ao do hub pero ten a ventaxa de reducir os dominios de colisión, o que vai solucionar os problemas descritos para o hub. O seu funcionamento é similar ao dunha central de conmutación telefónica: escoita e analiza o mensaxe para averiguar a quen vai dirixido e reenvíao unicamente a éste deixando o resto de liñas libres. Deste xeito poden existir varias comunicacións simultáneas.

Ao igual que o hub é un repetidor multiporto, tamén se pode dicir que o switch é unha *ponte multiporto*. Como xa se comentou, o problema principal das redes de difusión (multipunto) reside

nas dificultades para acceder ao medio de transmisión compartido conforme aumenta o tráfico e o número de equipos. Ademais, nos inicios das redes de comunicacións coexistían diferentes tecnoloxías que *falaban* distintos *idiomas*. Unha forma de solucionar parcialmente o problema consistiu en dividir o conxunto total de equipos en varios grupos independentes entre si, o que permitía pasar de unha única rede de difusión de multitude de equipos a, por exemplo, dúas redes de difusión máis pequenas. A **ponte (bridge)** era o dispositivo que interconectaba esa dúas redes máis pequenas. Unha ponte observa as comunicacións en ambas subredes, analiza os mensaxes e sobre todo o destinatario, determina qué mensaxes van dirixidos dunha rede a outra, permitiéndolles o paso, e bloqueando o resto. Deste xeito aísla as dúas subredes do tráfico innecesario, aliviando o problema de acceso ao medio compartido.



Figura 2.25. a) Switch D-Link. b) Conexións Ethernet en switch apilable.

O switch é unha ponte multiporto, un dispositivo máis intelixente que o hub (que só se limitaba a amplificar e repetir). Posto que é unha máquina capaz de tomar decisións precisa dun software, unha programación que lle indique qué facer en cada situación. Tamén precisa dunha memoria para almacenar (en forma de táboa) os dispositivos que ten conectados a cada un dos seus portos. Esa táboa pode ser completada manualmente polo administrador da rede ou autoaprendida polo propio switch.

O switch fai de ponte de comunicación entre dous equipos conectados ao seus portos. Isto garante que o número de comunicacións simultáneas sexa o máximo posible, puidéndose dar o caso de que todos os equipos estivesen simultaneamente nunha comunicación.

Na actualidade o coste dos switch ou conmutadores reducíuse tanto que practicamente substituíron aos hub.

2.3.4. O enrutador ou router.

Nun principio, nunha pequena rede LAN, todos os equipos deben poder comunicarse entre si. Cando unha rede crece e se volve máis grande pode dar lugar a redes MAN ou WAN. Un efecto case inevitable deste crecemento é que a topoloxía das redes complícase dando lugar ao que se coñece como topoloxía mallada que fai que a xestión e control da rede sexan máis complexas.

Unha rede mallada é aquela na que existe máis dun camiño para ir dende un equipo de orixe a outro de destino. Poderíase establecer unha analogía co sistema de carreteras. O problema a resolver é cómo atopar o camiño idóneo a seguir segundo determinados criterios: menor coste, menor tempo, etc. O dispositivo encargado de elixir a mellor ruta a seguir é o enrutador ou router.



Figura 2.26. Router + punto de acceso Linksys.

Un router ten a capacidade de enrutar, é dicir, de elixir o mellor camiño a seguir polos paquetes de datos cara o seu destino. Esta capacidade de decidir conséguese mediante software, cunha programación previa. Un router ten o seu propio sistema operativo e executa algoritmos de enrutamento basados nalgún dos criterios comentados antes. Estas rutas poden ser estáticas (definidas manualmente polo administrador da rede) ou dinámicas (establecidas polo propio router segundo o estado da rede).

A aplicación máis habitual do router nunha rede de área local é a de servir de porta de enlace a Internet. Dende o punto de vista do administrador dunha rede LAN, podería dicirse que a súa xurisdicción remata co router. Máis alá atópanse as grandes compañías proveedoras de servizos de Internet.

Sen embargo o router ten outras aplicacións, como conectar redes de área local diferentes dentro dunha gran rede corporativa, comunicar redes de área extensa, etc.

2.3.5. O módem.

Un **módem** (*modulador-demodulador*), na súa acepción máis tradicional, é un dispositivo que acepta datos dixitais dun ordenador ou terminal dixital e os converte en analóxicos (modulación), máis axeitados para a transmisión polas liñas telefónicas. Cando estes sinais se reciben no receptor son convertidos (demodulación) ao seu formato dixital orixinal.

No contexto dun circuito de datos, o módem é o ECD, o compoñente situado entre o terminal (ETD) e a liña de comunicación. O módem conéctase normalmente á liña telefónica mediante unha clavixa ou interfaz RJ11. En canto á conexión cón terminal, cun ordenador, existen diferentes posibilidades: pode estar integrado na placa base do equipo ou conectarse a través de diversos interfaces, como RS-232 (ou cable serie), ISA (obsoleto), PCI, USB, PCMCIA (equipos portátiles).

Para as comunicacións dos módems a través das liñas telefónicas definíronse *estándares ou normas*. As máis recentes son as V.90 e V.92, conseguindo velocidades de ata 56 Kbps en recepción (se o extremo da central telefónica é dixital) e ata 48 Kbps en emisión. Esta última norma permite ademais atender unha chamada telefónica de voz entrante mentres mantemos a conexión de datos.



Figura 2.27. a) Módem interno PCI. b) Módem PCMCIA. c) Módem ADSL.

Hoxe en día, coa aparición de novas tecnoloxías de comunicación (RDSI, ADSL, Cable..), o concepto de módem exténdese máis alá das súas funcións tradicionais e utilízase en xeral como sinónimo de interfaz entre unha rede de transporte de datos e o terminal do usuario que xenera ou recibe datos nesa rede. Así, hoxe en día falamos de novos tipos de módem, como o **Módem RDSI**, o **módem ADSL** ou o **Cable-módem**.

2.4. Outros compoñentes físicos.

- **Transceptores e Bálums:** dispositivos capaces de adaptar o sinal dun tipo de cable a outro, por exemplo de coaxial a cables de pares.
- **Rack ou armario de conexión:** Armario ou pequeno compartimento que se utiliza para recoller de xeito ordenado as conexións de toda ou unha parte da rede.
- **Latiguillos:** Cables cortos utilizados principalmente nos racks.
- **Canaleta:** Estructura metálica ou de plástico, adosada ao chan ou á parede, que contén o cableado da rede, de xeito que esté máis organizado e se eviten deterioros.
- **Rosetas e placas de conectores:** Conectores que se insertan nas canaletas, ou que se adosan á parede, e que serven de interfaz entre o cable de rede e o latiguillo que leva o sinal ao nodo ou equipo.

2.5. Topoloxías de rede.

A **topoloxía dunha rede** pódese definir como a disposición física na que se conectan os nodos dunha rede (ordenadores, servidores, impresoras, etc.) mediante as liñas de comunicación, ou tamén, ao xeito no que se estende xeográficamente a estrutura de cableado formando a rede. Existen diferentes tipos de topoloxías básicas, cada unha das cales ten as súas ventaxas e inconvenientes. A topoloxía de rede determina unicamente a configuración das conexións entre os nodos.

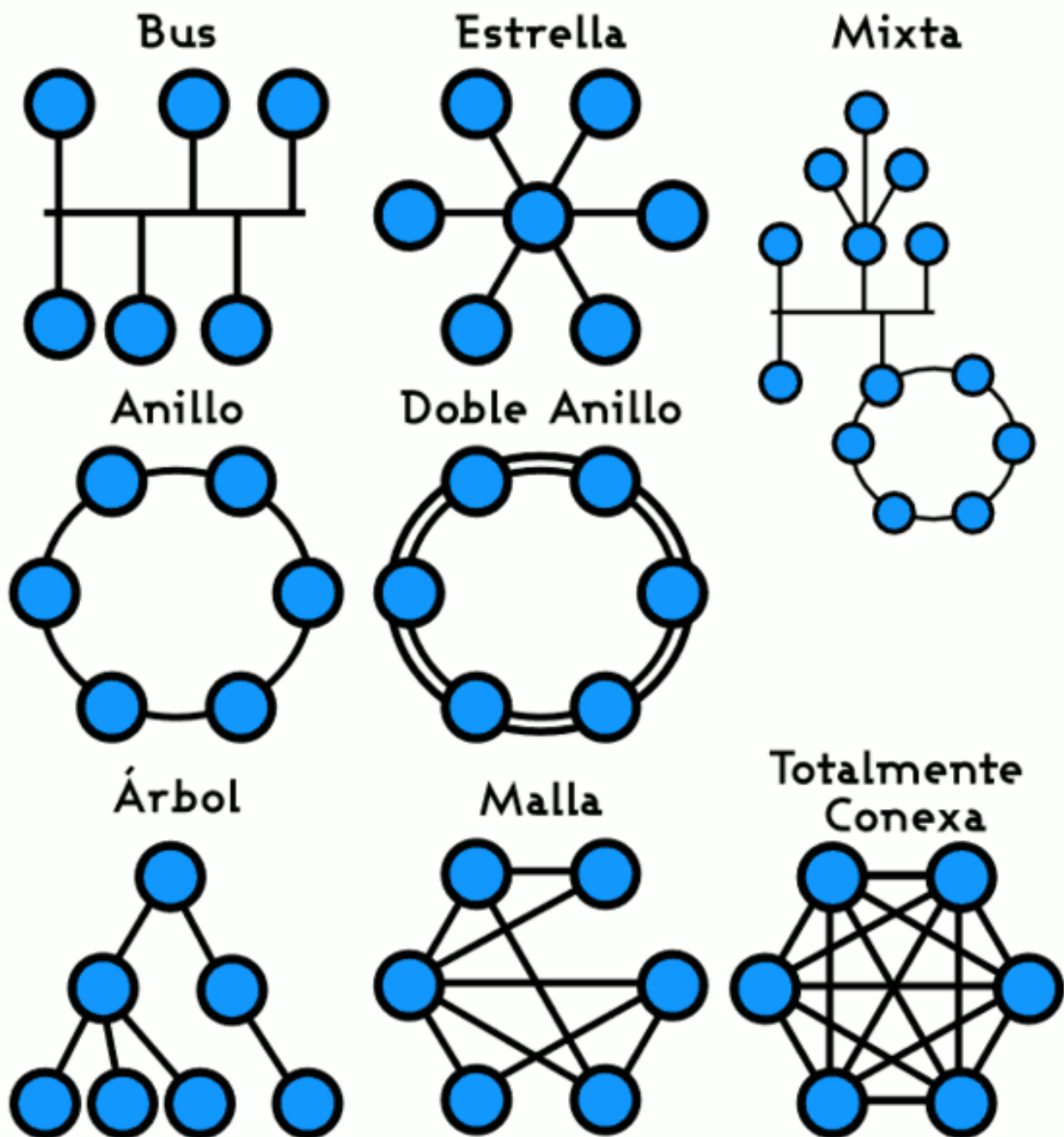


Figura 2.28. Topoloxías de rede básicas.

2.5.1. Topoloxía en bus.

Nesta topoloxía todos os nodos están conectados a un único canal (ou bus) de comunicacións compartido por todos. Para determinar qué nodo ten acceso para utilizar o bus en cada momento establécese un mecanismo de contienda.

O bus ten unha estrutura lineal. Normalmente utilízase cable coaxial RG-58 con terminadores de 50 ohmios. Os equipos ou nodos conéctanse ao bus por medio de conectores de tipo T ou Y.

A ventaxa principal desta topoloxía é a súa sencillez e facilidade de instalación, xa que non se requiren dispositivos altamente especializados e en xeral os compoñentes utilizados requiren pouca electrónica.

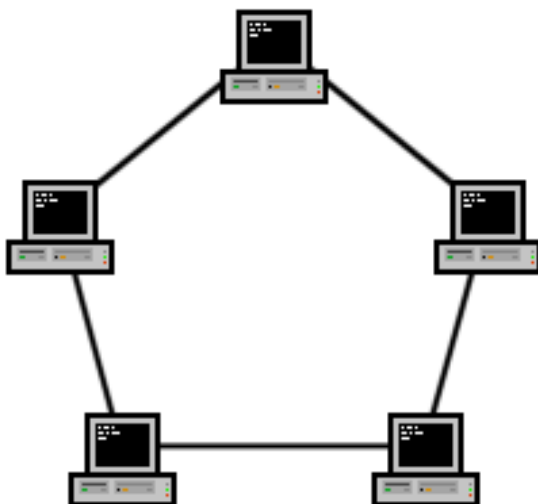
O punto débil desta topoloxía é o propio bus, xa que unha ruptura impediría totalmente a comunicación en toda a rede. Ademais, ao ser o bus un medio de transmisión compartido, producense colisións cando dous equipos tentan transmitir ao mesmo tempo, o que reduce o ancho de banda e impide que o número de nodos sexa moi elevado. Outra desvantaxa, referente á seguridade, é que os nodos poden escoitar as comunicacións dos outros, aínda que isto tamén pode ser ventaxoso en redes de difusión.

Dous estándares que utilizan esta topoloxía son **Ethernet (IEEE 802.3)** e **Token Bus (IEEE 802.4)**. En xeral, esta topoloxía apenas se usa na actualidade, substituíndose pouco a pouco pola topoloxía en estrela.



2.5.2. Topoloxía en anel.

Os nodos conéctanse formando un anel, onde cada estación está conectada á seguinte, e a última á primeira. Cada estación fai de repetidor pasando ao seguinte nodo o sinal que lle chega do anterior.



Un dos estándares de LAN que utiliza esta tecnoloxía denomínase **Token Ring (IEEE 802.5)**. O seu rendemento é un pouco superior ao de Ethernet xa que utiliza un sistema de acceso ao medio libre de colisións, mediante o método coñecido como de paso por testigo. Os nodos vanse pasando un testigo en forma de paquete especial de datos e só se lle permite transmitir ao nodo que posúe o testigo en cada momento.

Esta topoloxía require dunha electrónica máis complexa, o que encarece a instalación. O dispositivo encargado de realizar físicamente o anel chámase **MAU (Multistation Acces Unit)** e funciona como un concentrador especializado, que permite crear un novo anel cada vez que se conecta unha estación nova. O cableado típico é o par trenzado STP.

Outro estándar, que utiliza esta topoloxía é o coñecido como **FDDI**, que para maior seguridade utiliza un dobre anel como medio de transmisión. Trátase de redes de maior tamaño e que utilizan fibra óptica como medio de transmisión.

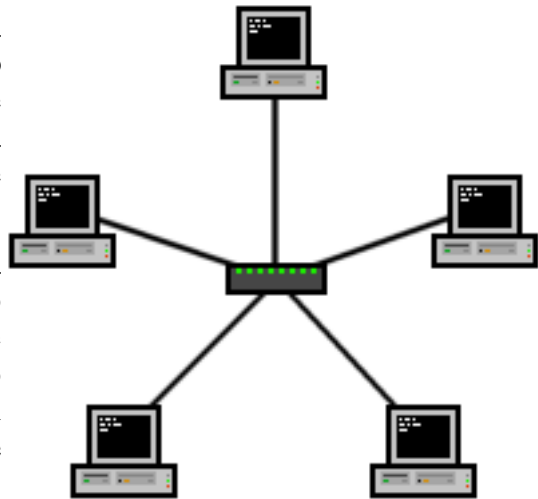
O punto débil destas redes é o propio anel que, se se rompe, inutilizará a rede.

2.5.3. Topoloxía en estrela.

Todos os nodos están conectados a un nodo central especializado que fai as veces de concentrador, e polo que pasan todas as comunicacións. Este concentrador ten as funcións de comunicar dúas estacións calquera e de aislar dos problemas que poidan surxir en calquera dos segmentos ou brazos da estrela. Isto proporciona maior seguridade, xa que o malfuncionamento dunha estación non afecta á rede enteira.

Sen embargo, o gasto en cableado nunha rede en estrela é maior que nunha rede en bus, e ademáis no entorno do concentrador prodúcese normalmente unha importante madexa de cables. O concentrador é o punto débil desta topoloxía, xa que se éste deixa de funcionar a rede quedará sen servizo.

Tamén hai que dicir que, cando o punto central da estrela é propiamente un hub ou concentrador, o rendemento desta topoloxía aseméllase á de bus, xa que o medio é compartida ao actuar o hub como mero repetidor. Coa substitución dos hubs por switches ou conmutadores o rendemento multiplícase significativamente.



2.5.4. Outras topoloxías.

- **Topoloxía en árbore:** é unha extensión da topoloxía en bus. Consiste na conexión de distintos buses lineais (ramas) a un novo bus troncal dende o que se reparte o sinal cara as ramas. Esta topoloxía utilízase moito na distribución de sinal de televisión por cable, onde a troncal acostuma a ser fibra óptica e as ramas cables coaxiais.
- **Topoloxía en malla:** Non existe ningún nodo/dispositivo central. Cada nodo está conectado a un ou máis dos outros nodos. Existen diferentes camiños para chegar dun nodo a outro. Esta redundancia ofrece unha maior fiabilidade, xa que cando un nodo ou unha parte da rede falla, pódese seguir usando o resto e enviar os datos por outro camiño. Sen embargo esta redundancia tamén implica un maior coste en recursos coma o cableado.
- **Topoloxía de interconexión total:** Consiste en conectar todos os nodos dunha rede entre si a través de liñas punto a punto. Esta topoloxía, aínda que sería a máis segura, apenas se usa debido a gran cantidade de recursos necesarios.
- **Topoloxía mixta:** É unha mestura das topoloxías básicas descritas anteriormente. É a máis común en redes medias e grandes xa que describe o crecemento natural da rede nunha organización.

etiquetado e certificación do cable

Cableado estruturado.

Ata fai uns anos, para cablear un edificio usábanse distintos sistemas de cableado, independentes

uns de outros. É dicir, dependendo do tipo de sinal que se ía transmitir (voz, audio, datos, etc.) usábase un tipo de cable ou outro. Esta variedade dificulta o mantemento e ampliación do sistema. O ideal sería que só fose necesaria unha instalación que transportase todos os sinais independentemente da fonte que os xenerou. O concepto de cableado estruturado consiste en facer que todos os servizos dun edificio destinados á transmisión de voz e datos utilicen un sistema de cableado común.

Un **cableado estruturado** defínese como o conxunto de cables, canalizacións, conectores, etiquetas, espazos e demais dispositivos que deben ser instalados para acadar unha infraestrutura de telecomunicacións xenérica nun edificio ou campus dacordo cos estándares definidos (Ex. TIA/EIA-568A).

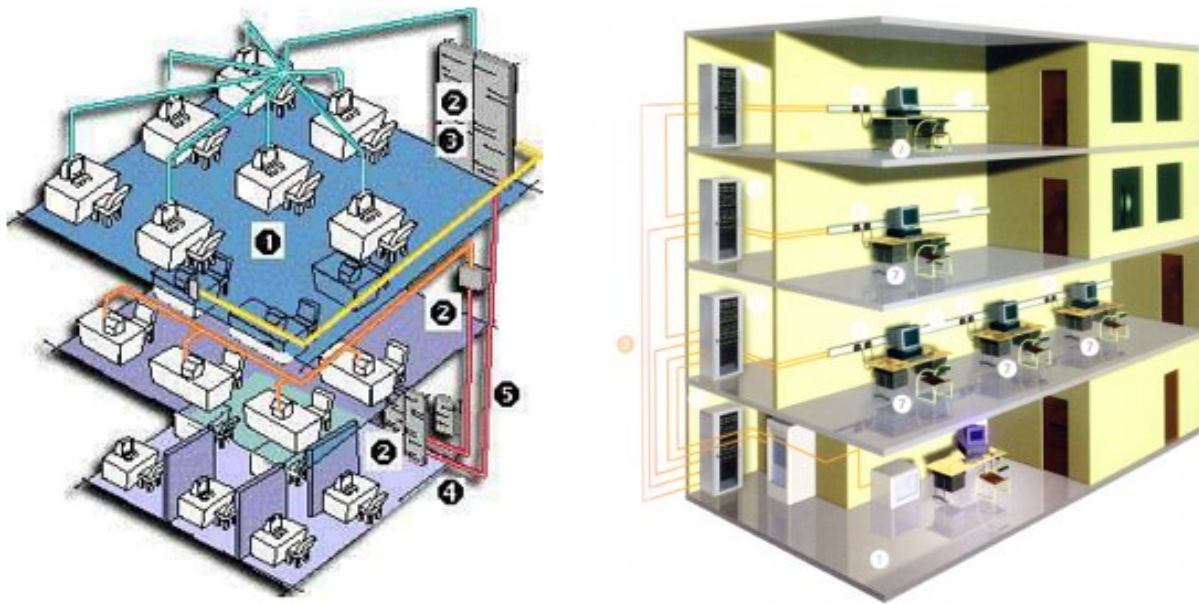


Figura 2.29. Cableado estruturado.

O cableado estruturado proporciona as seguintes vantaxas:

- Independencia de proveedor e protocolo (infraestrutura xenérica).
- Flexibilidade de instalación.
- Capacidade de crecemento.
- Facilitade de administración.

O cableado estruturado divide a rede en módulos, independentes pero integrados entre sí. Estes módulos ou subsistemas están organizados xerárquicamente en niveis:

- Área ou posto de traballo.
- Subsistema de cableado horizontal ou de planta.
- Subsistema de cableado vertical ou *backbone*.
- Subsistema de campus.
- Cuarto de telecomunicacións.
- Cuarto de equipos.

- Cuarto de entrada de servizos.

Domótica: técnica que estrutura as comunicacións e automatismos nos edificios e trata da aplicación da informática e as comunicacións no fogar.