



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Redes de Computadores

Introdução à Transmissão e Comunicação de Dados

MIEI, 3º ANO, 1º Semestre

Universidade do Minho
Grupo de Comunicações por Computador e Redes
Departamento de Informática



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Comunicação de dados

Introdução: noções elementares

- Objectivo / Requisito básico
 - cooperação entre entidades que comunicam entre si para troca de dados
- Noção de protocolo de comunicação
 - conjunto de regras que regem a comunicação entre intervenientes, i.e. entre entidades ao mesmo nível funcional
 - uma entidade é uma abstração de um ou mais processos computacionais
 - as regras ou funções protocolares são implementadas pelas entidades de uma camada ou nível protocolar
 - as funções protocolares são variadas e têm âmbitos ou contextos distintos, e.g. endereçamento

Comunicação de dados

Funções gerais dos protocolos: exemplos



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- geração de sinais
- definição interfaces
- sincronização
- formatação dados
- endereçamento
- detecção de erros
- correcção de erros
- controlo de fluxo
- formatação de msgs
- encaminhamento msgs
- transporte de msgs
- verificação de msgs
- recuperação de msgs
- independência dados
- privacidade/segurança
- gestão da comunicação

Comunicação de dados

Introdução: noções elementares



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Noção de organização protocolar
 - agrupamento e estruturação de tarefas em **níveis** ou **camadas funcionais**, hierárquicas, com **funções independentes** e bem definidas -> constituição de uma **pilha de protocolos**
- Noção de **serviço de comunicação**
 - o resultado das tarefas executadas pela camada protocolar N para realização da função da camada superior (N+1), podendo envolver o recurso a serviços da camada N-1
 - cada camada protocolar oferece um serviço à camada superior e solicita um serviço à camada inferior através de **primitivas** específicas

Comunicação de dados

Modelos protocolares de referência

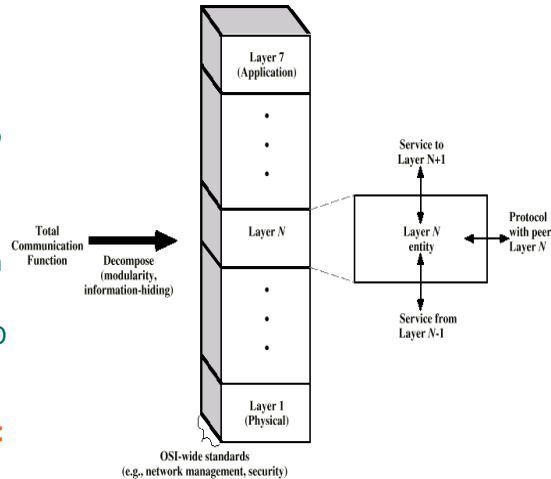


Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Modelo protocolar de referência OSI da ISO.
7 camadas funcionais:
 - camada de aplicação
 - camada de apresentação
 - camada de sessão
 - camada de transporte
 - camada de rede
 - camada de ligação lógica
 - camada física

Designado ISO OSI-RM (ISO Reference Model for Open Systems Interconnection)

- Modelo protocolar TCP/IP: tem 4 camadas funcionais

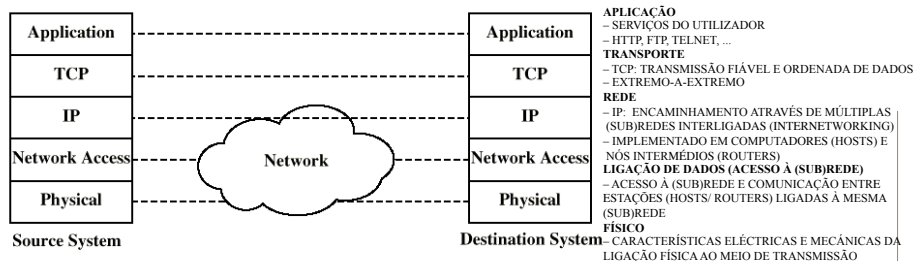
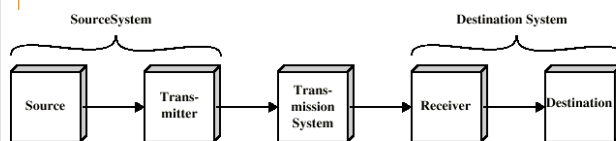


Comunicação de dados

Modelo TCP/IP



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



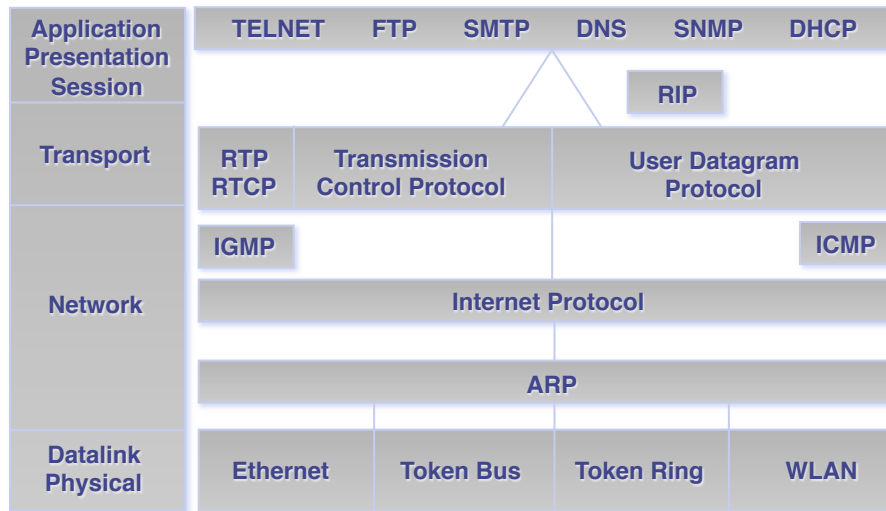
[DCC, Stallings07]

Comunicação de dados

Localização de protocolos TCP/IP no OSI-RM



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



MIEI-RC

Universidade do Minho

7

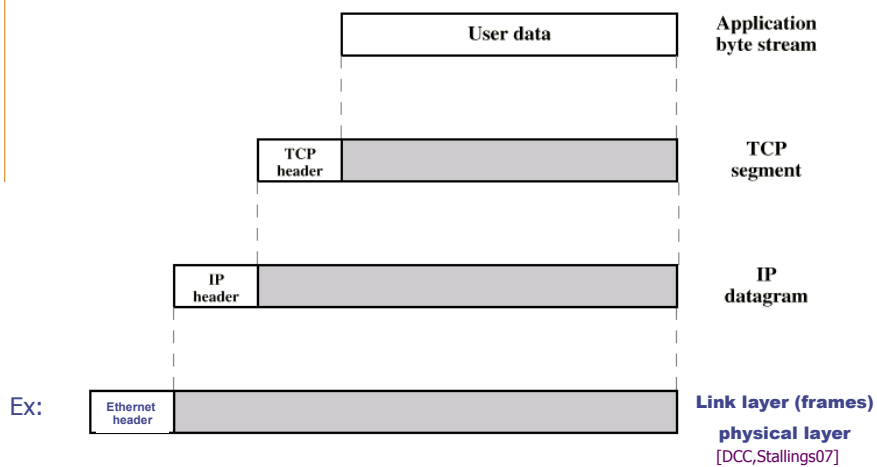
Comunicação de dados

Encapsulamento protocolar



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Estratégia: encapsulamento da unidade dados na camada inferior



MIEI-RC

Universidade do Minho

8

Comunicação de dados

Encapsulamento protocolar



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Exemplo: aplicação FTP

----- MAC HEADER -----

Frame size is 67 (0x0043) bytes
Destination = station 0050FC5CE9AB, pc4
Source = station 0050FC5CE9B0, pc2
Ethertype = 0800 (IPv4)

----- IP HEADER -----

Version = 4, Header length = 20 bytes
Diff Serv Field = 0xC0 (DSCP 0x30: Class Selector 6; ECN: 0x00)
1 1 0 0 0 0 . . . = DSCP: Class Selector 6 (0x30)
. 0 . . . = ECN-Capable Transport (ECT): 0
. 0 . . . = ECN-CE: 0
Total length = 53 bytes
Identification = 5974
Flags = 0x4
. 1 = don't fragment
. 0 = last fragment
Fragment offset = 0 bytes
Time to live = 60
Protocol = 6 (TCP)
Header checksum = AFA0 (correct)
Source address = [192.168.89.12], pc2.labcom.uminho.pt
Destination address = [192.168.89.14], pc4.labcom.uminho.pt
No options

----- TCP HEADER -----

Source port = 1062
Destination port = 21 (FTP)
Sequence number = 532928015
Acknowledgment number = 549440112
Data offset = 20 bytes
Flags = 0x18
. . 0 = (No urgent pointer)
. . . 1 = Acknowledgment
. . . . 1 . . . = Push
. 0 . . = (No reset)
. 0 . . = (No SYN)
. 0 . . = (No FIN)
Window = 33580
Checksum = CE88 (correct)
No TCP options
[13 byte(s) of data]

----- FTP data -----

PASS Visita<0D0A>

Comunicação de dados

Encapsulamento protocolar



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Exemplo: aplicação TFTP

----- MAC HEADER -----

Frame size is 60 (0x003C) bytes
Destination = station 0050FC5CE9B0, pc2
Source = station 0050FC5CE9B1, pc3
Ethertype = 0800 (IPv4)

----- IP HEADER -----

Version = 4, Header length = 20 bytes
Diff Serv Field = 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00)
0 0 0 0 0 0 . . . = DSCP: Default (0x00)
. 0 . . . = ECN-Capable Transport (ECT): 0
. 0 . . . = ECN-CE: 0
Total length = 32 bytes
Identification = 5827
Flags = 0x0
. 0 = may fragment
. 0 = last fragment
Fragment offset = 0 bytes
Time to live = 30
Protocol = 17 (UDP)
Header checksum = 0EFF (correct)
Source address = [192.168.89.13], pc3.labcom.uminho.pt
Destination address = [192.168.89.12], pc2.labcom.uminho.pt
No options

----- UDP HEADER -----

Source port = 1897 (TFTP)
Destination port = 1035
Length = 12
Checksum = 7D51 (correct)

----- Trivial file transfer -----

Opcodes = 4 (Ack)
Block number = 1

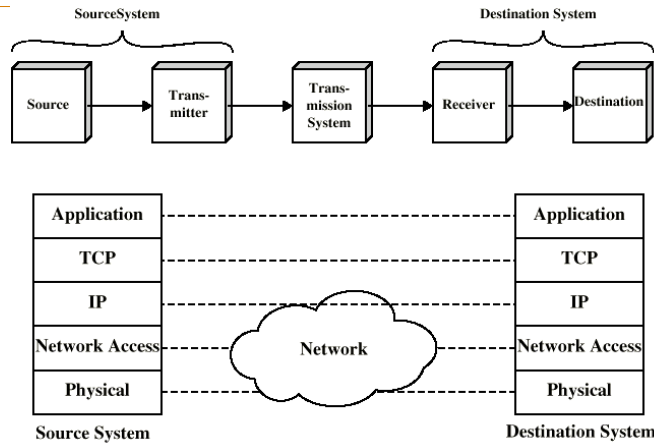
[Normal end of "Trivial file transfer".]

Comunicação de dados

Protocolo: regras de associação entre camadas homónimas



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



[DCC, Stallings07]

Redes de Computadores

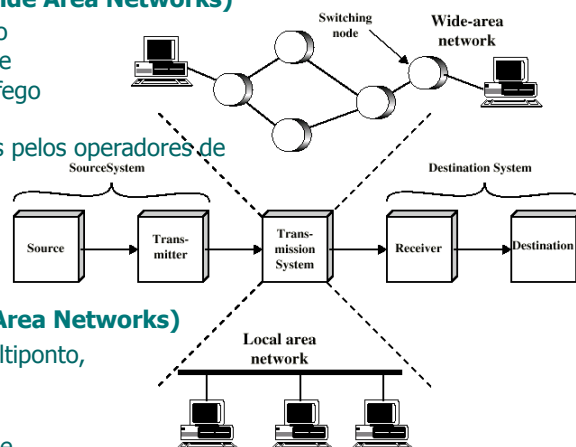
conceitos gerais



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Redes alargadas, WAN (Wide Area Networks)

- linhas ponto-a-ponto
- nós de acesso à rede
- computadores de tráfego
- longas distâncias
- *backbones* mantidos pelos operadores de comunicações.



Redes locais, LAN (Local Area Networks)

- linhas e acessos multiponto, ponto-a-ponto
- pequenas distâncias
- acesso directo à rede
- gestão local

[DCC, Stallings07]

Redes de Computadores

conceitos gerais



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- **WAN, MAN, LAN, PAN, BAN**
 - designação depende da área geográfica coberta
 - WAN (wide area networks): área alargada, acima das dezenas de quilómetros
 - MAN (metropolitan area networks): cobertura de uma área metropolitana, até poucas dezenas de quilómetros
 - LAN (local areas networks): área local, até poucas centenas ou dezenas de metros
 - PAN (personal area networks): área pessoal, até poucos metros
 - BAN (body area networks): até cerca de um metro
 - condicionam o tipo de protocolos e tecnologias a usar

Redes de Computadores

conceitos gerais



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- **WAN, MAN, LAN, PAN, BAN: exemplos de tecnologias**
 - WANs: Metro/Carrier Ethernet (IEEE 802.1), (Ethernet over) MPLS, ATM
 - MANs: WiMAX (IEEE 802.16); DQDB (IEEE 802.6); MPLS
 - LANs: Ethernet (IEEE 802.3); Wi-Fi (IEEE 802.11)
 - PANs: Infravermelhos, Bluetooth (IEEE 802.15), Wi-Fi
 - BANs: ZigBee, IEEE 802.15.4

Redes de Computadores

Objectivo das LANs



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Acesso e partilha de recursos locais:
 - servidores, equipamentos especializados, etc.
- Comunicação para cooperação entre processos
 - computação distribuída
- Acesso a redes alargadas (WAN ou MAN)
 - interface partilhada para ligação a redes externas, e.g. Internet
 - e.g. UMinho (desde 2013) – acesso com ligação a 10Gbps



Redes Locais de Computadores

Características das LANs



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Elevadas velocidades de transmissão
 - mega (10^6), giga (10^9) bps ...
- Protocolo de controlo de acesso ao meio (MAC)
 - específico da tecnologia; acesso garantido ou em contencioso
- Utilização dos recursos
 - baixo factor de utilização conduz a melhor desempenho
- Desempenho "aceitável" para tráfego distinto
 - tempo real, transaccional, regular, etc...
- Acesso democrático oferecido a todos os sistemas
- Fácil instalação, configuração e interligação

• nem sempre...
• tendência para
diferenciação e
priorização de
tráfego

Redes de Computadores

Características das LANs



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Utilização generalizada:
 - permitem a interligação de um elevado número de sistemas terminais (computadores, sistemas de voz e vídeo) em áreas limitadas
 - **topologias** mais frequentes:
 - barramento, anel, estrela e árvore, malha
 - em geral, constituem redes privadas
- Tecnologia normalizada e de baixo custo (normas IEEE 802)
- Elementos de uma rede:
 - estações possuem interfaces de rede [NIC, Network Interface Cards]
 - rede possui equipamentos de interligação
 - repetidores, bridges, switches, routers, etc.
 - equipamento interligado por cablagem ou meio sem fios.

características ?

diferenças ?

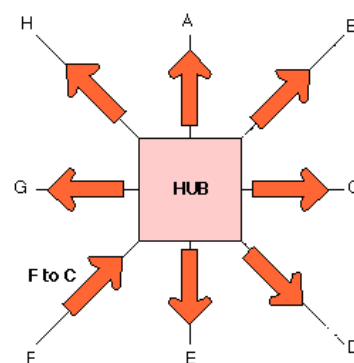
Redes Locais de Computadores

Equipamentos de Interligação: Repetidor ou HUB



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Repetidor
 - opera ao nível físico (OSI), equipamento passivo
 - não interpreta as tramas
 - monitorização contínua de sinais e sua regeneração
 - repete tudo o que "ouve"
 - permite cobrir maiores distâncias
 - permite maior flexibilidade no desenho da rede
 - usado LANs, MANs, WANs



Ex. HUB Ethernet

Redes Locais de Computadores

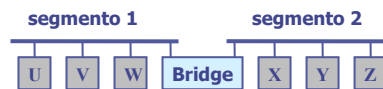
Equipamentos de Interligação: Bridge



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

• Bridge

- opera ao nível da ligação lógica (OSI)
- ligação por interface de rede; tem endereço físico
- interpreta o formato das tramas; faz aprendizagem
- permite isolar tráfego
- divide o domínio de colisão
- configuração transparente
- em configuração múltipla, evita ciclos infinitos (Algoritmo Spanning Tree)



Acção	ListaSeg1	ListaSeg2
boot	-	-
U-V	U	-
V-U	U,V	-
Z-all	U,V	Z
Y-V	U,V	Z,Y
Y-X	U,V	Z,Y
X-W	U,V	Z,Y,X
W-Z	U,V,W	Z,Y,X

Processo de Aprendizagem
em **bridging transparente**

[CNI, Comer98]

Redes Locais de Computadores

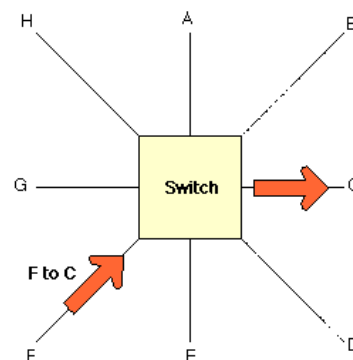
Equipamentos de Interligação: Switch



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

• Switch

- mais de 2 interfaces
- capacidade aprendizagem como as *bridges*
- permite paralelismo
- requer *buffering* adequado
- reduz carga na rede
- aumenta desempenho
- pode validar endereços MAC
- permite criar LANs virtuais
- usado em LAN, MAN e WAN



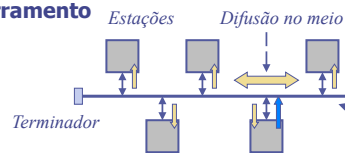
Redes de Computadores

Topologias LAN



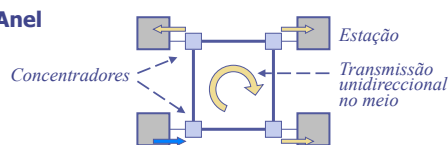
Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Barramento

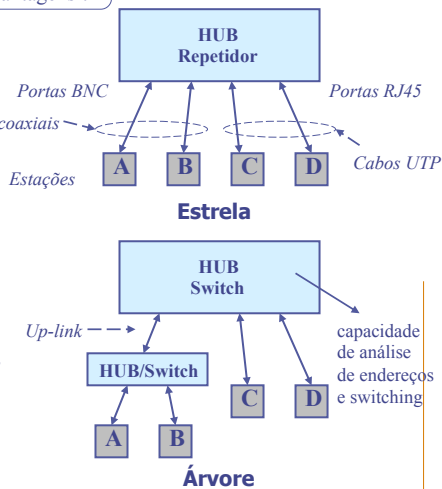
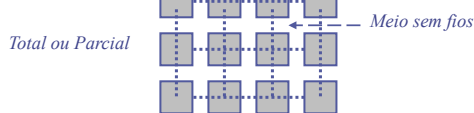


Vantagens ?
Desvantagens ?

Anel



Malha



MIEI-RC

Universidade do Minho

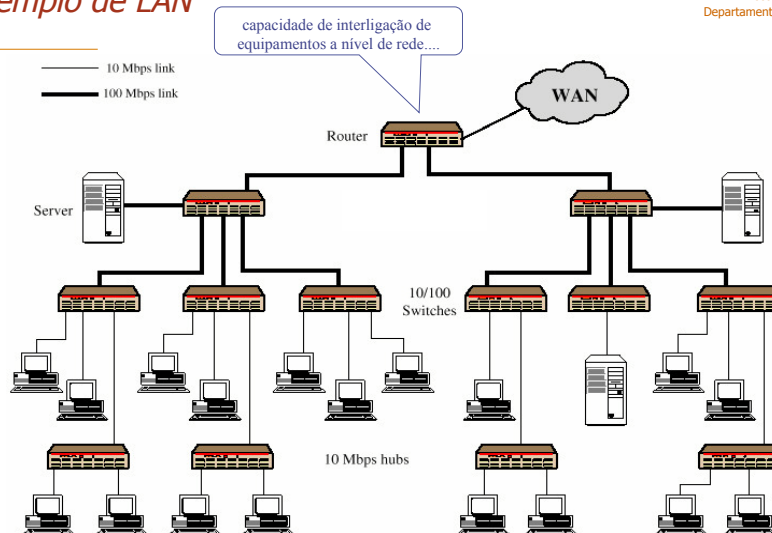
21

Redes de Computadores

Exemplo de LAN



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



MIEI-RC

Universidade do Minho

[LMAN,Stallings00]

22

Redes de Computadores

Tópicos de estudo



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Abordagem *Bottom-Up*:

- **Nível Físico**
 - Transmissão vs comunicação de dados
- **Nível Lógico**
 - Protocolos de ligação de dados
 - Controlo de fluxo e controlo de erros
 - Destaque nas redes locais de computadores para o protocolo Ethernet e suas variantes
- **Nível de Rede**
 - Interligação de redes
 - Destaque para as redes IP

Transmissão de dados

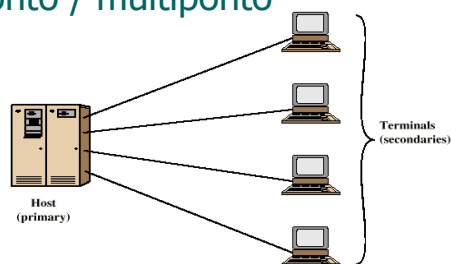
Conceitos básicos



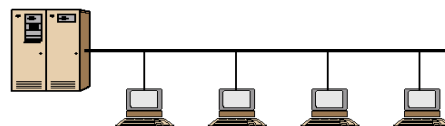
Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

• Transmissão ponto-a-ponto / multiponto

- **simplex**
 - unidireccional
- **half-duplex**
 - bidireccional, alternado
- **full-duplex**
 - bidireccional, simultâneo



a) Ligações ponto a ponto (PP)



b) Ligações multiponto (MP)

Transmissão de dados

Meios de transmissão



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Efeitos indesejáveis
 - atenuação
 - distorção [ruído, interferência interna (cross-talk) e externa]
Os sinais a transmitir são atenuados ou corrompidos nos meios de transmissão [erros nos dados]
- A atenuação e/ou distorção são influenciadas por:
 - distância entre o transmissor e o receptor; alta temperatura
 - ritmo de transmissão (*bps*)
 - tipo de meio de transmissão
- Tipos de meios:
 - não guiados: atmosfera, água do mar...
(propagação omnidireccional vs. direccional)
 - guiados: par entrançado (xTP), cabo coaxial, fibra óptica

Transmissão de dados

Meios de transmissão não guiados



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

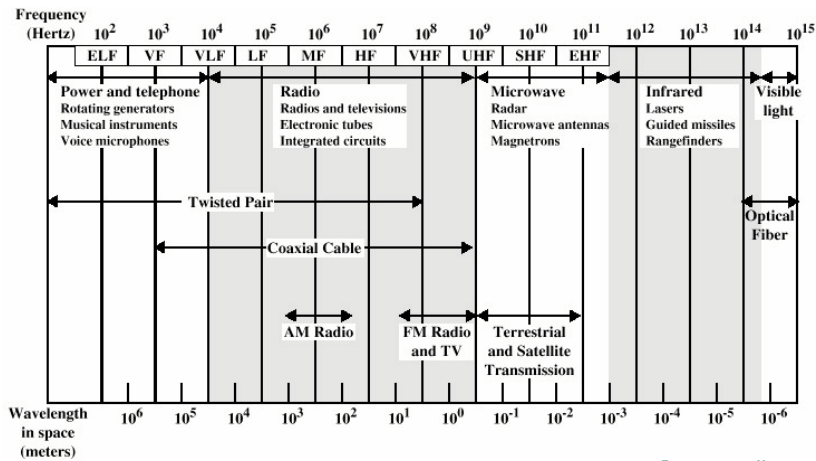
- Propagação omnidireccional vs. direccional
- Principais aplicações:
 - radio - FM, VHF e parte de UHF, redes de dados
 - micro-ondas terrestres - comunicações de longa distância (TV e voz), ligações ponto-a-ponto, comunicação de dados em pequenas áreas (wireless)
 - micro-ondas por satélite- distribuição de TV, voz a longa distância, redes de dados

Transmissão de dados

Espectro de frequências



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



[DCC, Stallings07]

MIEI-RC

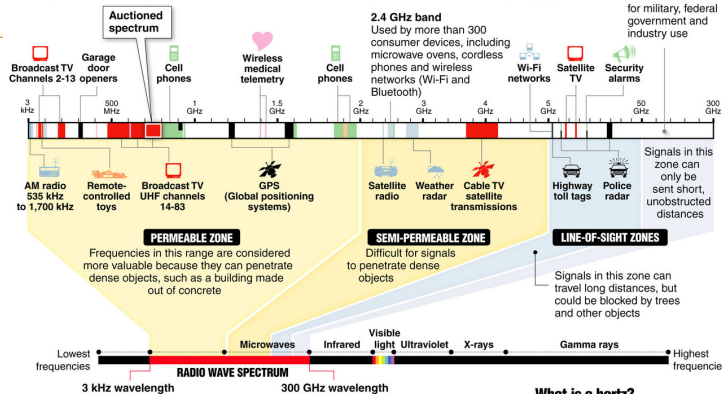
Universidade do Minho

28

Inside the radio wave spectrum

Almost every wireless technology – from cell phones to garage door openers – uses radio waves to communicate. Some services, such as TV and radio broadcasts, have exclusive use of their frequency within a geographic area. But many devices share frequencies, which can cause interference. Examples of radio waves used by everyday devices:

Most of the white areas on this chart are reserved for military, federal government and industry use



The electromagnetic spectrum

Radio waves occupy part of the electromagnetic spectrum, a range of electric and magnetic waves of different lengths that travel at the speed of light; other parts of the spectrum include visible light and x-rays; the shortest wavelengths have the highest frequency, measured in hertz

Source: New America Foundation, MCT, Howstuffworks.com
Graphic: Nathaniel Levine, Sacramento Bee

Lower frequency
Higher frequency
Wavelength
Distance from crest to crest

What is a hertz?

One hertz is one cycle per second. For radio waves, a cycle is the distance from wave crest to crest
1 kilohertz (kHz) = 1,000 hertz
1 megahertz (MHz) = 1 million hertz
1 gigahertz (GHz) = 1 billion hertz

© 2008 MCT

MIEI-RC

Universidade do Minho

29

Transmissão de dados

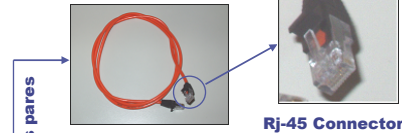
Meios de transmissão guiados



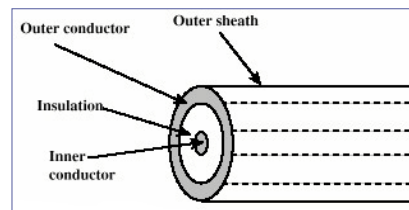
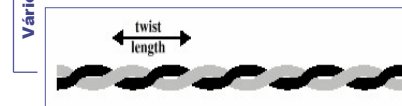
Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

• Par entrançado

- Unshielded Twisted Pair (UTP)
 - cat3 (16MHz, até 10Mbps);
 - cat4 (20MHz, até 16Mbps);
 - **cat5,5e (100MHz, até 1Gbps)**
 - cat6 (over 1Gbps)
- Shielded Twisted Pair (STP)
 - cada par protegido por écran
- usado: redes telefónicas, redes locais actuais



Rj-45 Connector



[DCC,Stallings07]

• Cabo coaxial

- usado: transmissão de tv, redes locais

MIEI-RC

Universidade do Minho

30

Transmissão de dados

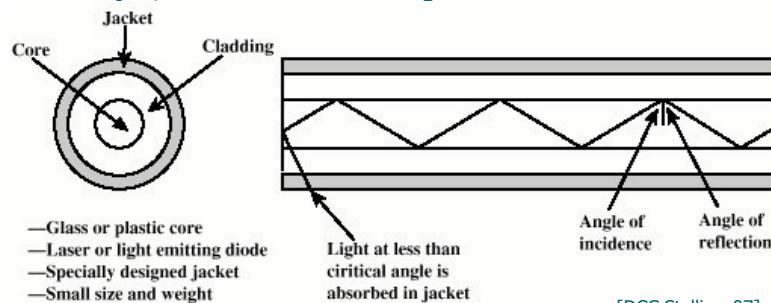
Meios de transmissão guiados



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

• Fibra óptica

- Monomodo: usado em longa distância
- Multimodo: curta distância (maior dispersão)
- elevada largura de banda, tamanho e peso reduzidos, baixa atenuação, isolamento electromagnético



[DCC,Stallings07]

MIEI-RC

Universidade do Minho

31

Comunicação de dados

camada física: transmissão



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Transmissão em série ou em paralelo?
 - Por regra, em telecomunicações, a transmissão faz-se em série por bit
- Transmissão, o que interessa conhecer?
 - ritmo binário (bits/s), kbps, Mbps, Gbps ...
 - potência do sinal (em *mW* ou em *dBm*)
 - código de linha utilizado (forma do sinal que representa os bits)
 - probabilidade de erro do código ou probabilidade de erro total na linha de transmissão (P_e , também designado *BER=bit error ratio*)
- Técnicas de transmissão de dados em *série*:
 - transmissão *assíncrona*
 - transmissão *síncrona*

cuidado com as unidades !

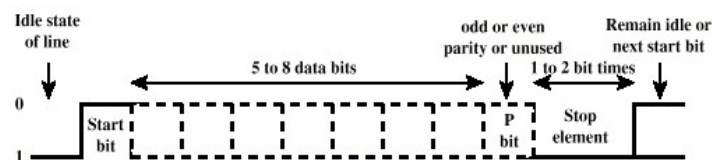
Comunicação de dados

camada física: transmissão assíncrona (UART)



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Estratégia:
 - enviar dados em pequenas unidades (*character*)
 - os caracteres ocorrem assincronamente
 - muito usada para configuração de equipamento de comunicações e controlo de outro equipamento (micro-controladores)
 - envia código de caractere (5 a 8 bits) de cada vez



Formato de um caractere

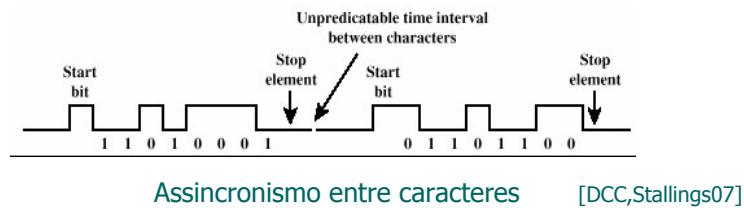
Comunicação de dados

camada física: transmissão assíncrona



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Vantagens:
 - sincronização no início e dentro de cada caractere
 - esquema simples e económico



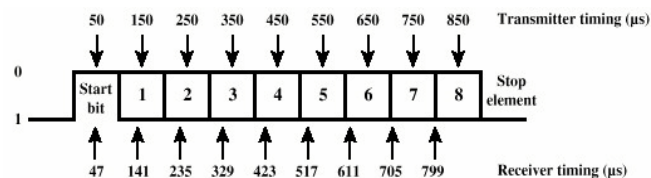
Comunicação de dados

camada física: transmissão assíncrona



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Desvantagens:
 - *overhead* elevado (em geral > 20%)
 - erros resultantes de assimetrias



Comunicação de dados

camada física: transmissão assíncrona



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Exemplo

Quanto tempo demora a transmissão de um volume de dados 80 kbytes, através de uma interface série RS-232c com uma codificação em 8 bits de dados, sem paridade, e 1 stop bit, com um débito de 112 kbps?

- quantos caracteres vão ser transmitidos (n_{char})?
- quanto tempo demora a transmitir um carácter (t_{char})?
- tempo total = $n_{char} \times t_{char}$
- qual o "overhead" na transmissão (em percentagem)?
- qual a taxa de transmissão real a que os dados são transmitidos?

Comunicação de dados

camada física: transmissão síncrona



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Usada para transmitir unidades de dados maiores
- Sincronização transmissor (Tx) com receptor (Rx):
 - não são usados *start/stop* bits
 - ou existe um canal separado de sincronização
[chamada *sincronização fora da banda*]
 - ou a sincronização faz-se no canal dos dados
[chamada *sincronização dentro da banda*]
- O formato de cada trama depende do tipo de transmissão ser orientado ao *caractere* ou ao *bit*.

Comunicação de dados

camada física: transmissão síncrona



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Trama = campo de controlo + campo de dados
 - ex: campo de controlo = endereço(s) destino/origem, comprimento da trama, número de sequência, tipo dos dados
(Trama é tb. a designação dada à unidade de dados ao nível físico)
- Deteção de início e fim de trama:
 - caracteres especiais ou padrão de bits de alinhamento (*flag*).
Exemplo: <flag><trama><flag>



[DCC,Stallings07]

Comunicação de dados

camada física: transmissão síncrona



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr
0	0	000	NUL	(null)	32	20	040	Space	64	40	100	64;	0	96	60	140	96;	0
1	1	001	SOH	(start of heading)	33	21	041	!	65	41	101	65;	1	97	61	141	97;	1
2	2	002	STX	(start of text)	34	22	042	"	66	42	102	66;	2	98	62	142	98;	2
3	3	003	ETX	(end of text)	35	23	043	#	67	43	103	67;	3	99	63	143	99;	3
4	4	004	EOT	(end of transmission)	36	24	044	\$	68	44	104	68;	4	100	64	144	100;	4
5	5	005	ENQ	(enquiry)	37	25	045	%	69	45	105	69;	5	101	65	145	101;	5
6	6	006	ACK	(acknowledge)	38	26	046	&	70	46	106	70;	6	102	66	146	102;	6
7	7	007	BEL	(bell)	39	27	047	'	71	47	107	71;	7	103	67	147	103;	7
8	8	010	BS	(backspace)	40	28	050	(72	48	110	72;	8	104	68	150	104;	8
9	9	011	TAB	(horizontal tab)	41	29	051)	73	49	111	73;	9	105	69	151	105;	9
10	A	012	LF	(NL line feed, new line)	42	2A	052	*	74	4A	112	74;	10	106	70	152	106;	10
11	B	013	VT	(vertical tab)	43	2B	053	+	75	4B	113	75;	11	107	71	153	107;	11
12	C	014	FF	(NP form feed, new page)	44	2C	054	,	76	4C	114	76;	12	108	72	154	108;	12
13	D	015	CR	(carriage return)	45	2D	055	-	77	4D	115	77;	13	109	73	155	109;	13
14	E	016	SO	(shift out)	46	2E	056	.	78	4E	116	78;	14	110	74	156	110;	14
15	F	017	SI	(shift in)	47	2F	057	/	79	4F	117	79;	15	111	75	157	111;	15
16	10	020	DLE	(data link escape)	48	30	060	0	80	50	120	80;	16	112	76	160	112;	16
17	11	021	DC1	(device control 1)	49	31	061	1	81	51	121	81;	17	113	77	161	113;	17
18	12	022	DC2	(device control 2)	50	32	062	2	82	52	122	82;	18	114	78	162	114;	18
19	13	023	DC3	(device control 3)	51	33	063	3	83	53	123	83;	19	115	79	163	115;	19
20	14	024	DC4	(device control 4)	52	34	064	4	84	54	124	84;	20	116	80	164	116;	20
21	15	025	NAK	(negative acknowledge)	53	35	065	5	85	55	125	85;	21	117	81	165	117;	21
22	16	026	SYN	(synchronous idle)	54	36	066	6	86	56	126	86;	22	118	82	166	118;	22
23	17	027	ETB	(end of trans. block)	55	37	067	7	87	57	127	87;	23	119	83	167	119;	23
24	18	030	CAN	(cancel)	56	38	070	8	88	58	130	88;	24	120	84	170	120;	24
25	19	031	EM	(end of medium)	57	39	071	9	89	59	131	89;	25	121	85	171	121;	25
26	1A	032	SUB	(substitute)	58	3A	072	:	90	5A	132	90;	26	122	86	172	122;	26
27	1B	033	ESC	(escape)	59	3B	073	;	91	5B	133	91;	27	123	87	173	123;	27
28	1C	034	FS	(file separator)	60	3C	074	<	92	5C	134	92;	28	124	88	174	124;	28
29	1D	035	GS	(group separator)	61	3D	075	=	93	5D	135	93;	29	125	89	175	125;	29
30	1E	036	RS	(record separator)	62	3E	076	>	94	5E	136	94;	30	126	90	176	126;	30
31	1F	037	US	(unit separator)	63	3F	077	?	95	5F	137	95;	31	127	91	177	127;	31

Source: www.LookupTables.com

- Exemplo de um código de caracteres (ASCII)

Comunicação de dados

detecção de erros



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- A cada trama, o Tx adiciona um número de bits que será usado pelo Rx para detecção de erros.
- Em caso de erro, ou o Rx corrige o erro, ou o Tx deve ser notificado.
- Técnicas:
 - utilização de bit e de caractere de paridade
 - verificação de redundância cíclica (CRC)

Comunicação de dados

detecção de erros - CRC



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Cyclic Redundancy Check

Dada uma mensagem inicial de k bits, o transmissor gera uma sequência de $n-k$ bits [CRC ou FCS *Frame Check Sequence*] tal que, os n bits da trama resultante sejam divisíveis por um número pré-determinado G .



Comunicação de dados

detecção de erros - CRC



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Detecção de erros na recepção
 - dividir a trama recebida por $G(x)$
 - se Resto = 0 conclui que não há erro, senão
- Exemplo de um polinómio gerador $G(x)$:
CRC-32:
 $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$
normalizado para transmissão síncrona ponto-a-ponto (IEEE-802.x)

Comunicação de dados

correção de erros



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Técnica de **Forward Error Correction (FEC)**
 - é o receptor que corrige o erro
 - probabilidades de erro aceitáveis exigem que o código seja gerado por polinómio com grau da mesma ordem de grandeza do dos dados.
 - técnica pouco usada em comunicação de dados
 - apenas usada em situações onde é impraticável a retransmissão (e.g. Bluetooth usa FEC para aumentar a imunidade a erros)
 - em geral, é preferível retransmitir

Comunicação de dados

correção de erros



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Técnica de ***Automatic Repeat Request (ARQ)***
 - o receptor não tenta corrigir os erros
 - o código de controlo de erros é usado no receptor apenas como detector erros
 - detectados erros, o receptor pede a retransmissão da unidade de dados
 - probabilidades de erro aceitáveis podem ser obtidas com polinómios de menor grau
 - técnica mais usada em comunicação de dados