

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

- 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

- 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

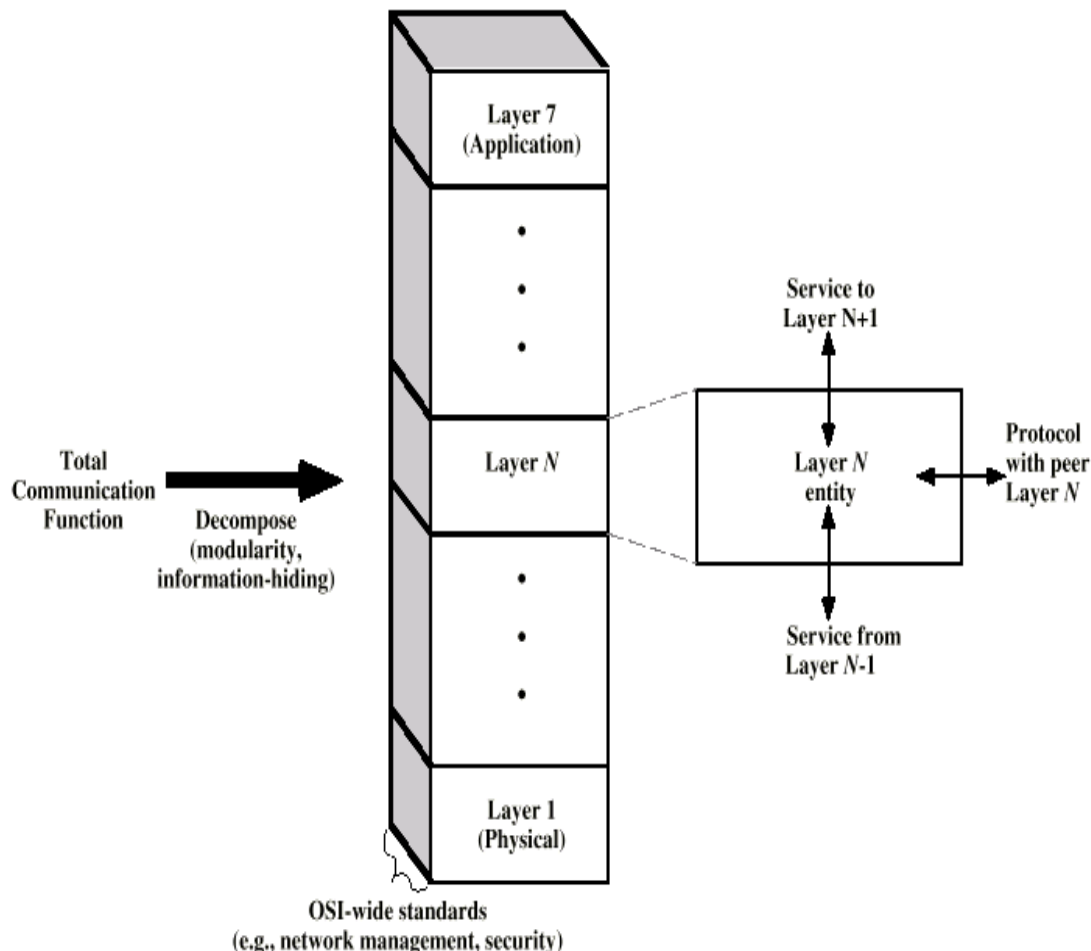
Comunicação de dados

Modelos protocolares de referência

- 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

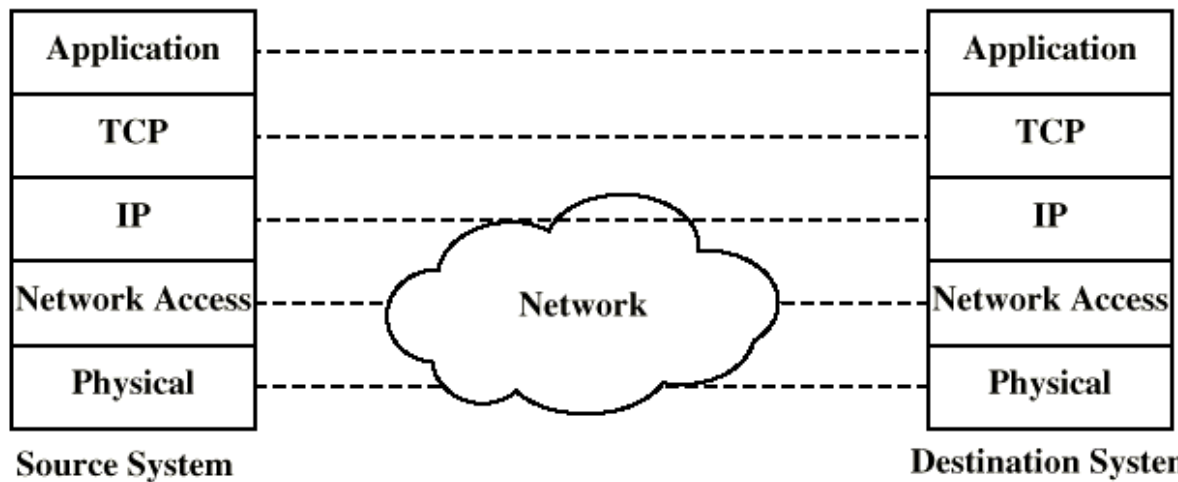
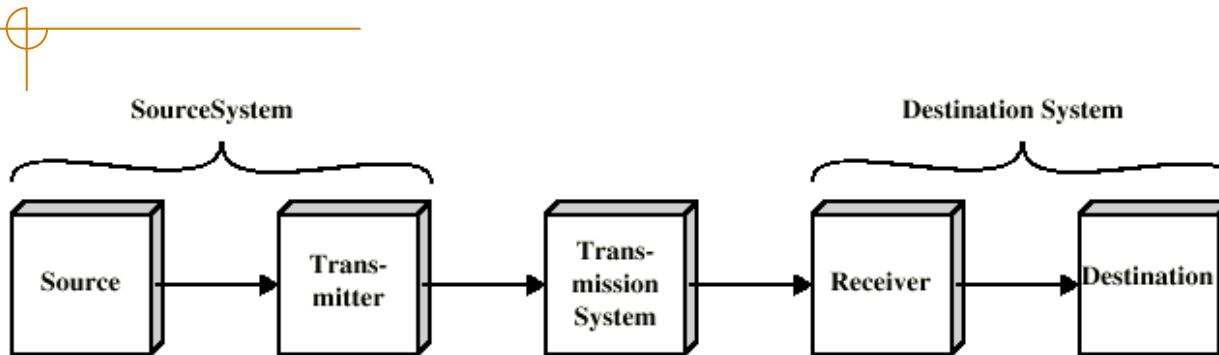


Comunicação de dados

Modelo TCP/IP



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



APLICAÇÃO

- SERVIÇOS DO UTILIZADOR
- HTTP, FTP, TELNET, ...

TRANSPORTE

- TCP: TRANSMISSÃO FIÁVEL E ORDENADA DE DADOS
- EXTREMO-A-EXTREMO

REDE

- IP: ENCAMINHAMENTO ATRAVÉS DE MÚLTIPLAS (SUB)REDES INTERLIGADAS (INTERNETWORKING)
- IMPLEMENTADO EM COMPUTADORES (HOSTS) E NÓS INTERMÉDIOS (ROUTERS)

LIGAÇÃO DE DADOS (ACESSO À (SUB)REDE)

- ACESSO À (SUB)REDE E COMUNICAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES (HOSTS/ ROUTERS) LIGADAS À MESMA (SUB)REDE

FÍSICO

- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS E MECÂNICAS DA LIGAÇÃO FÍSICA AO MEIO DE TRANSMISSÃO

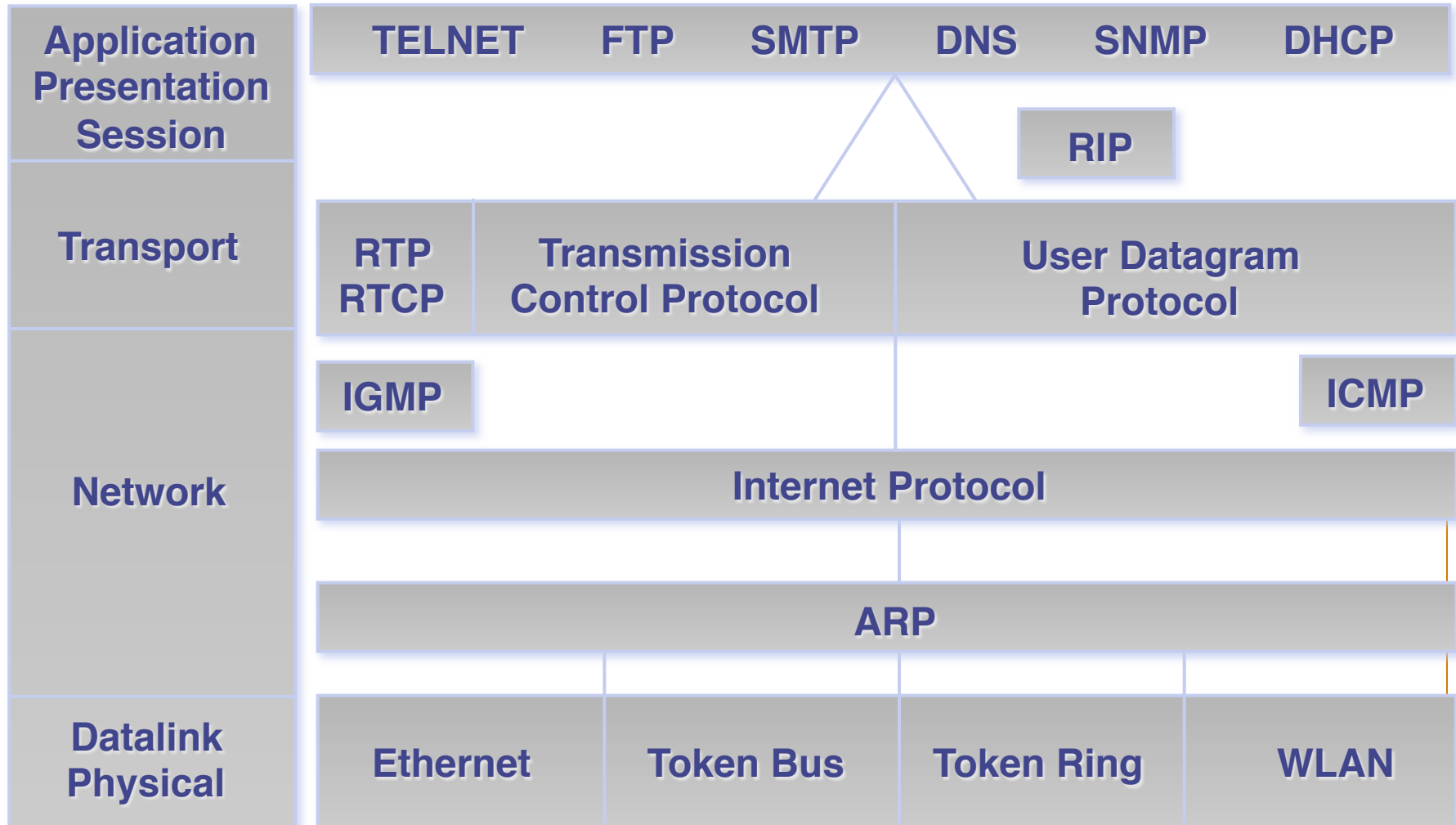
[DCC, Stallings07]

Comunicação de dados

Localização de protocolos TCP/IP no OSI-RM



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



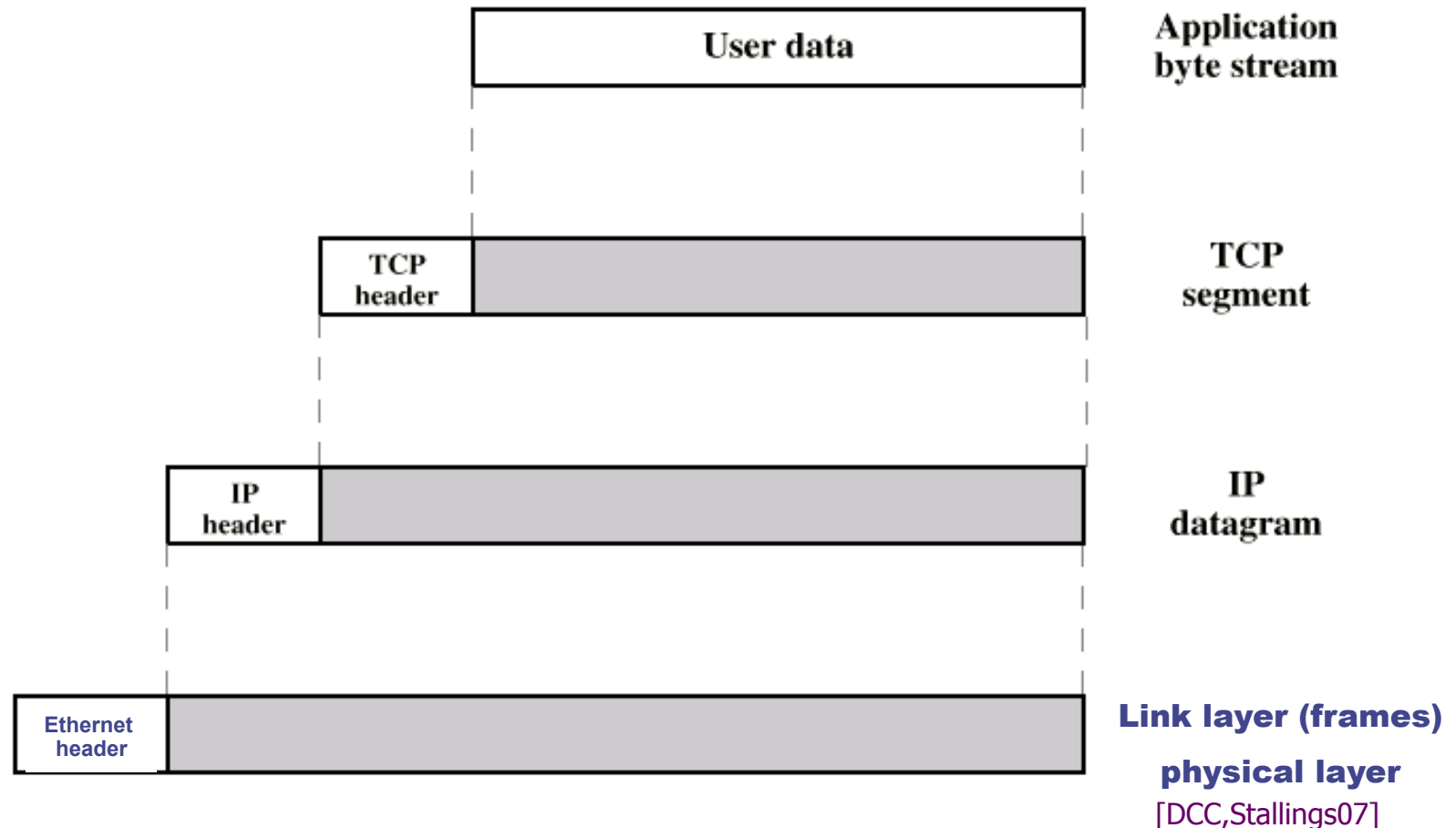
Comunicação de dados

Encapsulamento protocolar



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Estratégia: encapsulamento da unidade dados na camada inferior



Ex:

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 = CE68 (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)

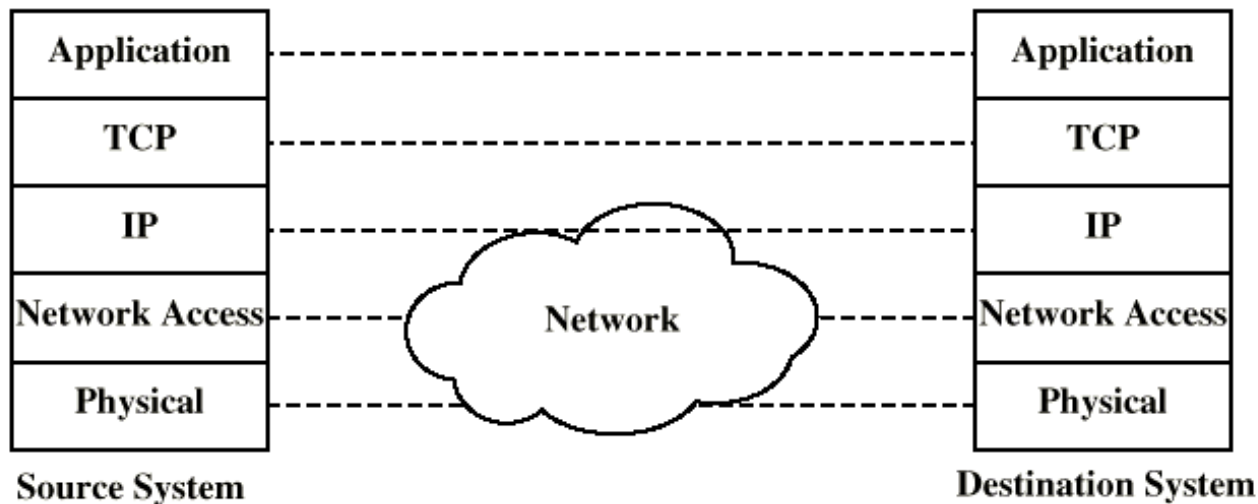
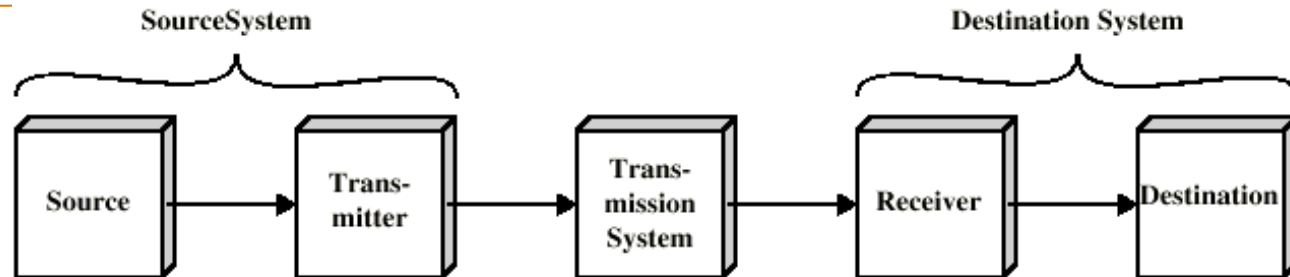
----- Trivial file transfer -----

Opcode = 4 (Ack)
Block number = 1

[Normal end of "Trivial file transfer".]

Comunicação de dados

Protocolo: regras de associação entre camadas homónimas



[DCC,Stallings07]

Redes de Computadores

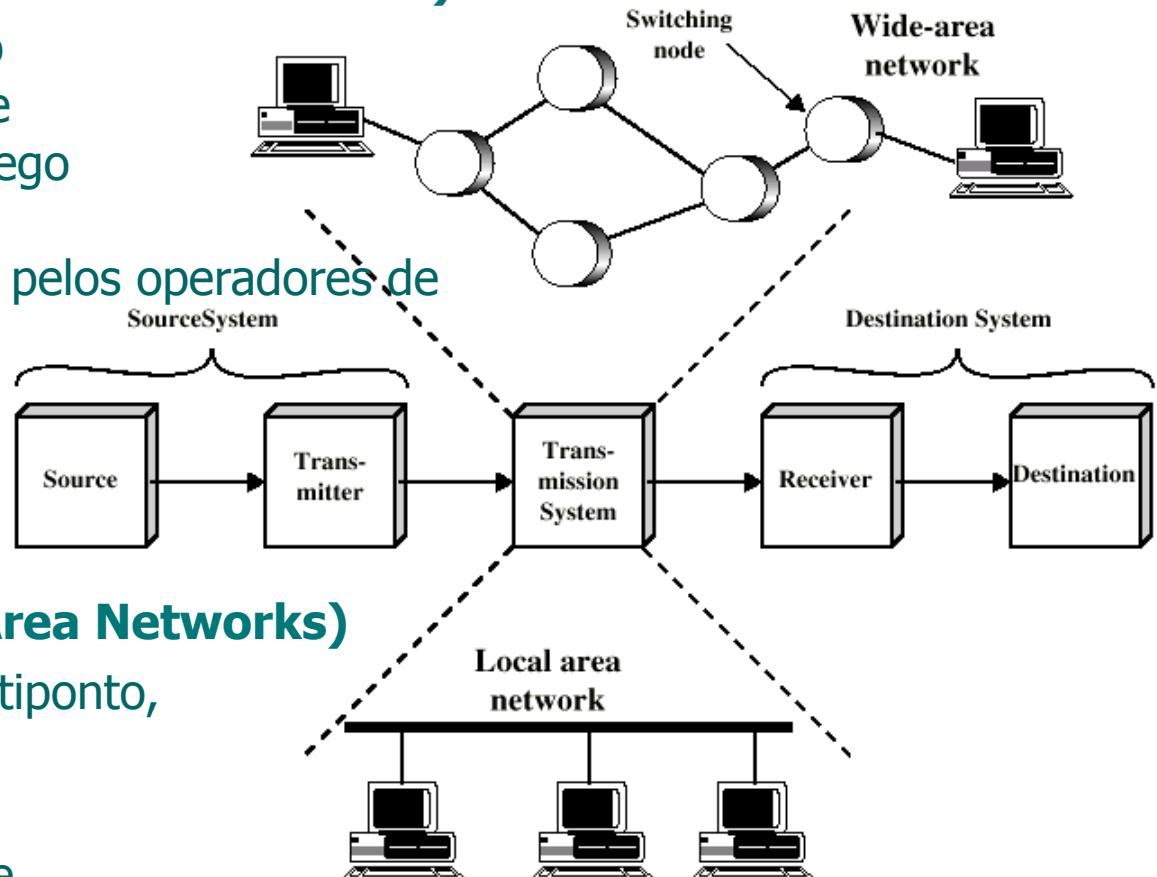
conceitos gerais



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Redes *alargadas*, **WAN (Wide Area Networks)**

- linhas ponto-a-ponto
- nós de acesso à rede
- comutadores 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

- 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 de Computadores

Características das LANs

- 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 de Computadores

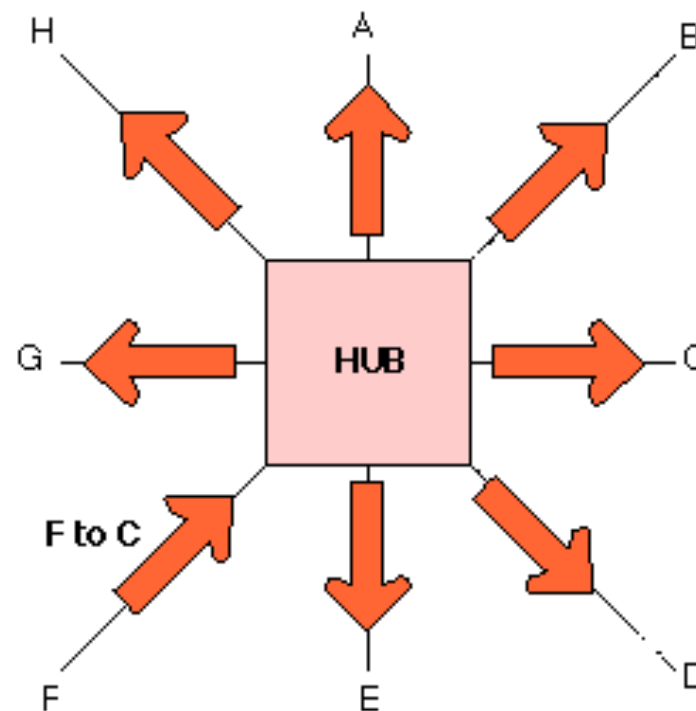
Equipamentos de Interligação: Repetidor ou HUB



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 de Computadores

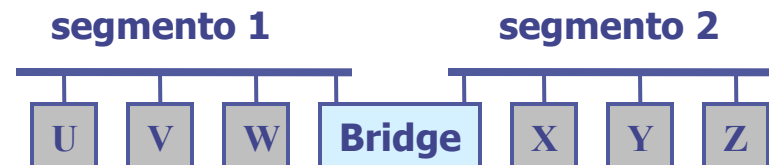
Equipamentos de Interligação: Bridge



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 de Computadores

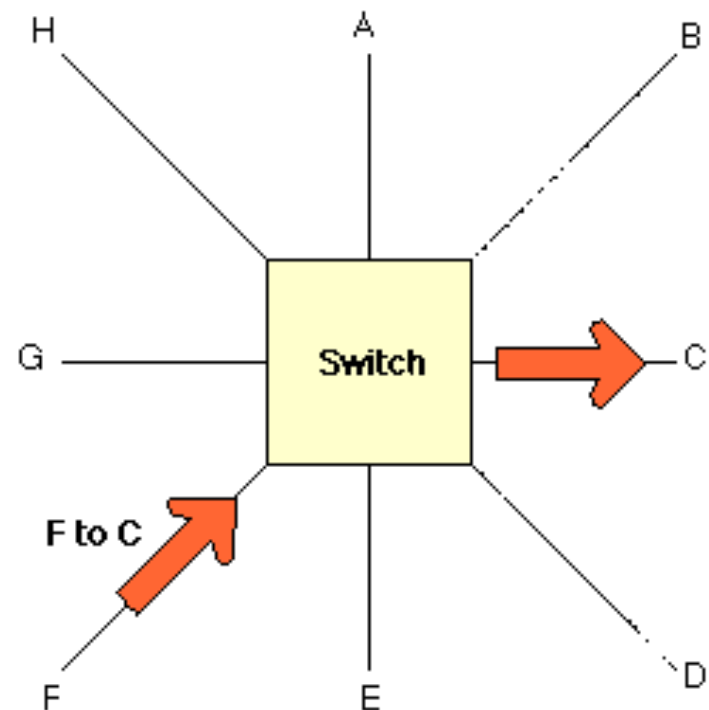
Equipamentos de Interligação: Switch



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



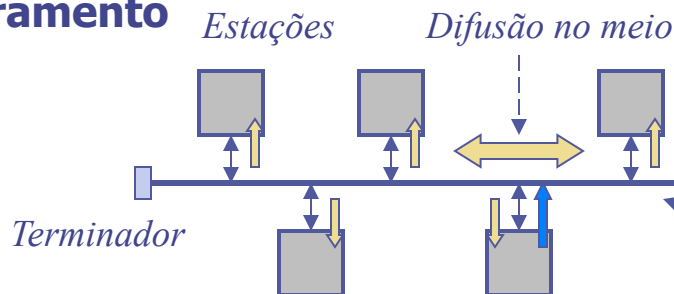
Redes de Computadores

Topologias LAN



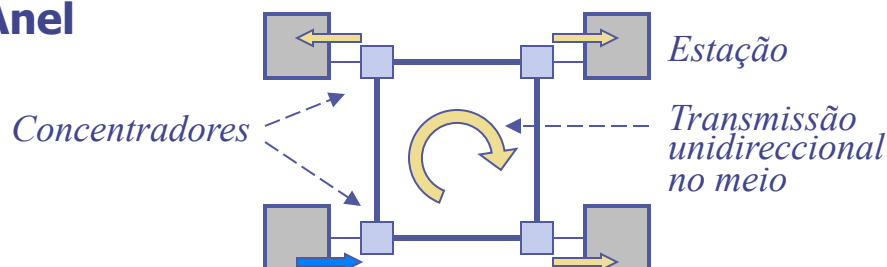
Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Barramento

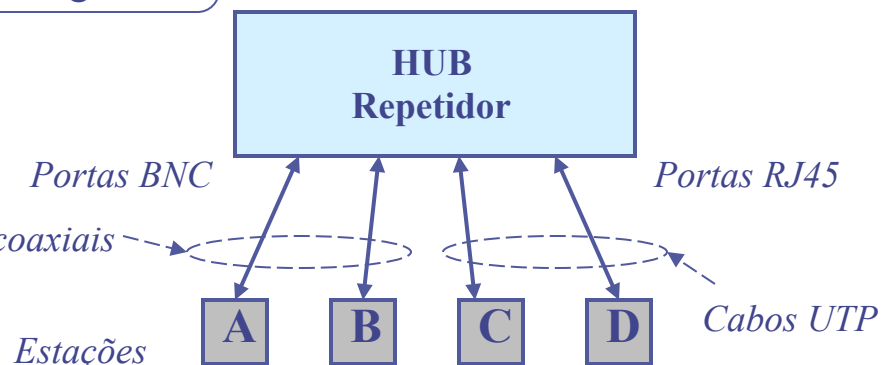
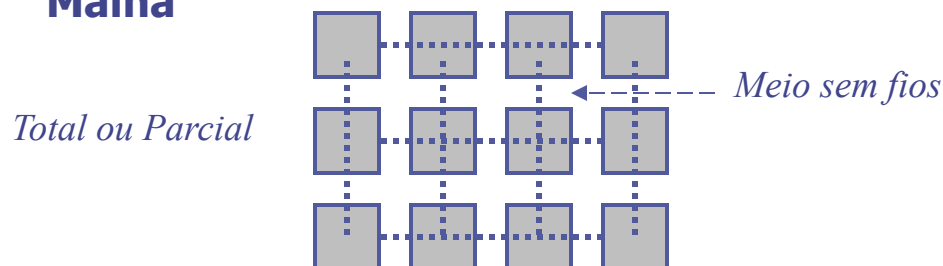


Vantagens ?
Desvantagens ?

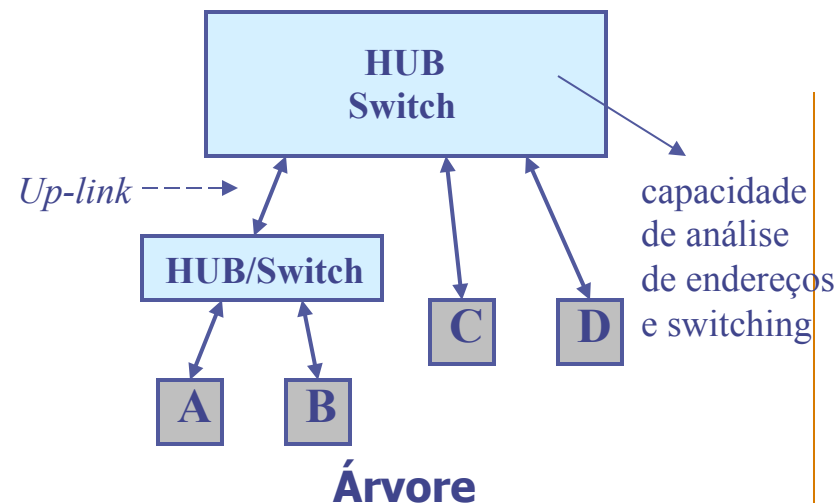
Anel



Malha



Estrela

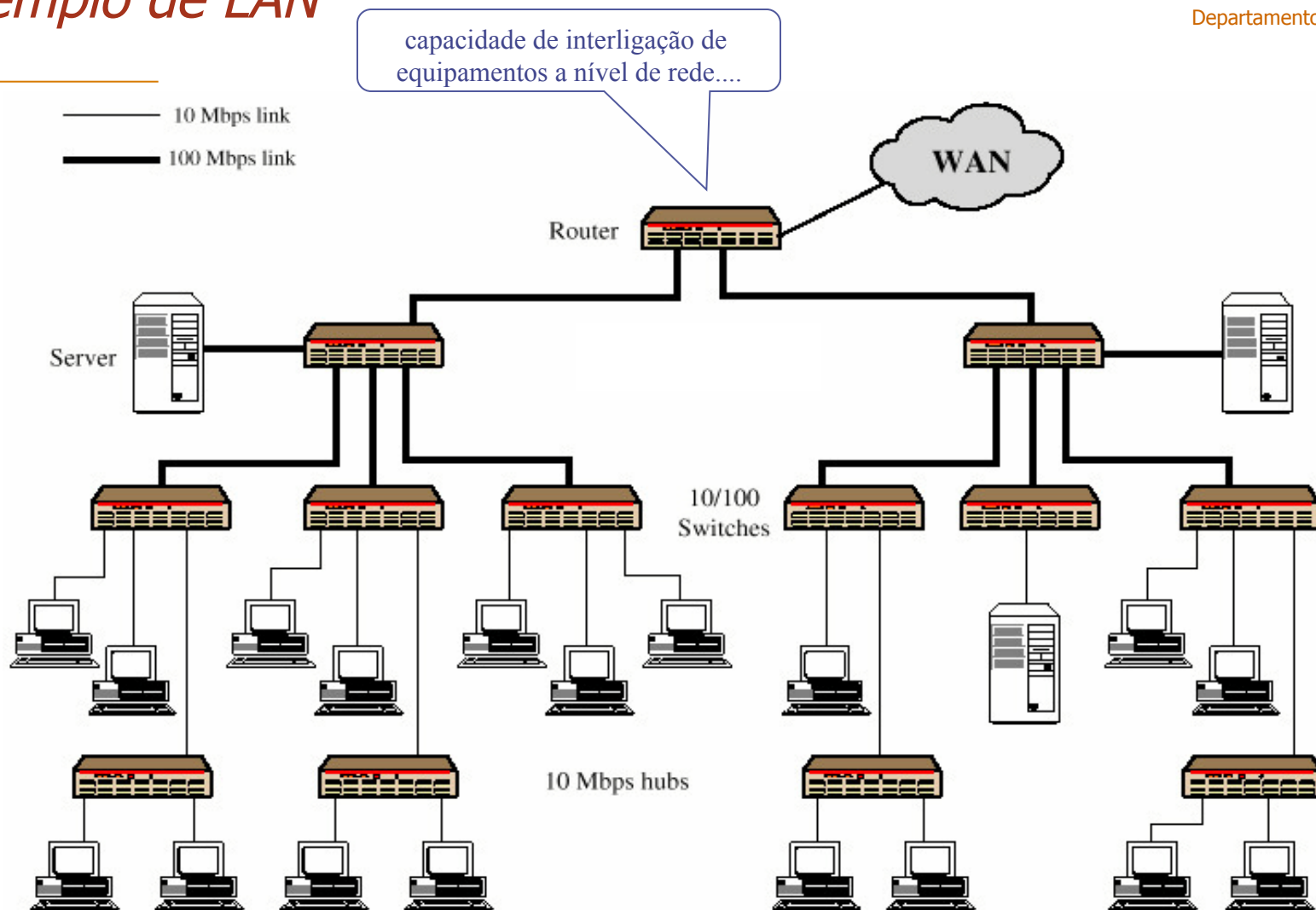


Redes de Computadores

Exemplo de LAN



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



Redes de Computadores

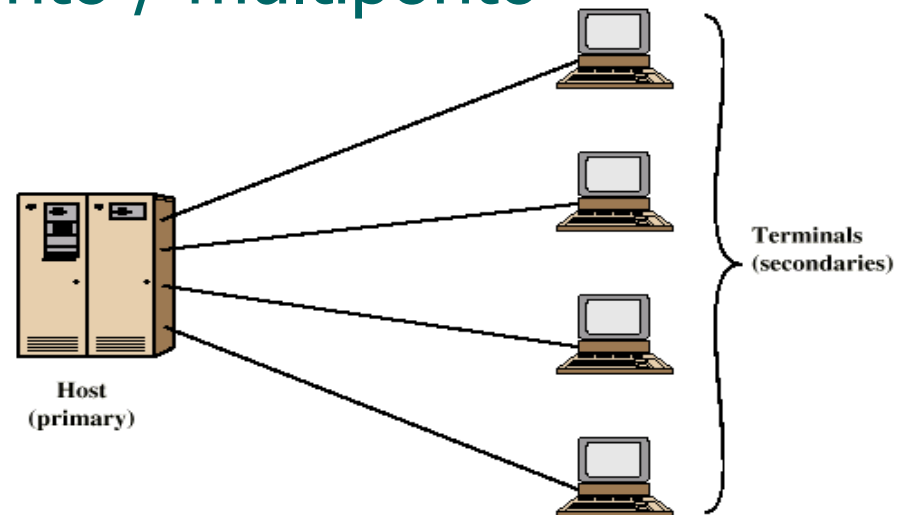
Conceitos básicos



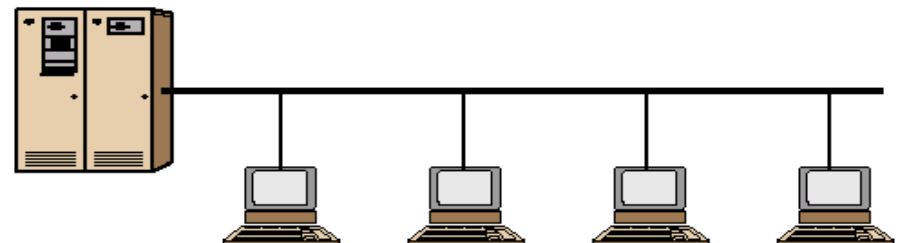
Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- 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)

Redes de Computadores

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

Redes de Computadores

Meios de transmissão não guiados



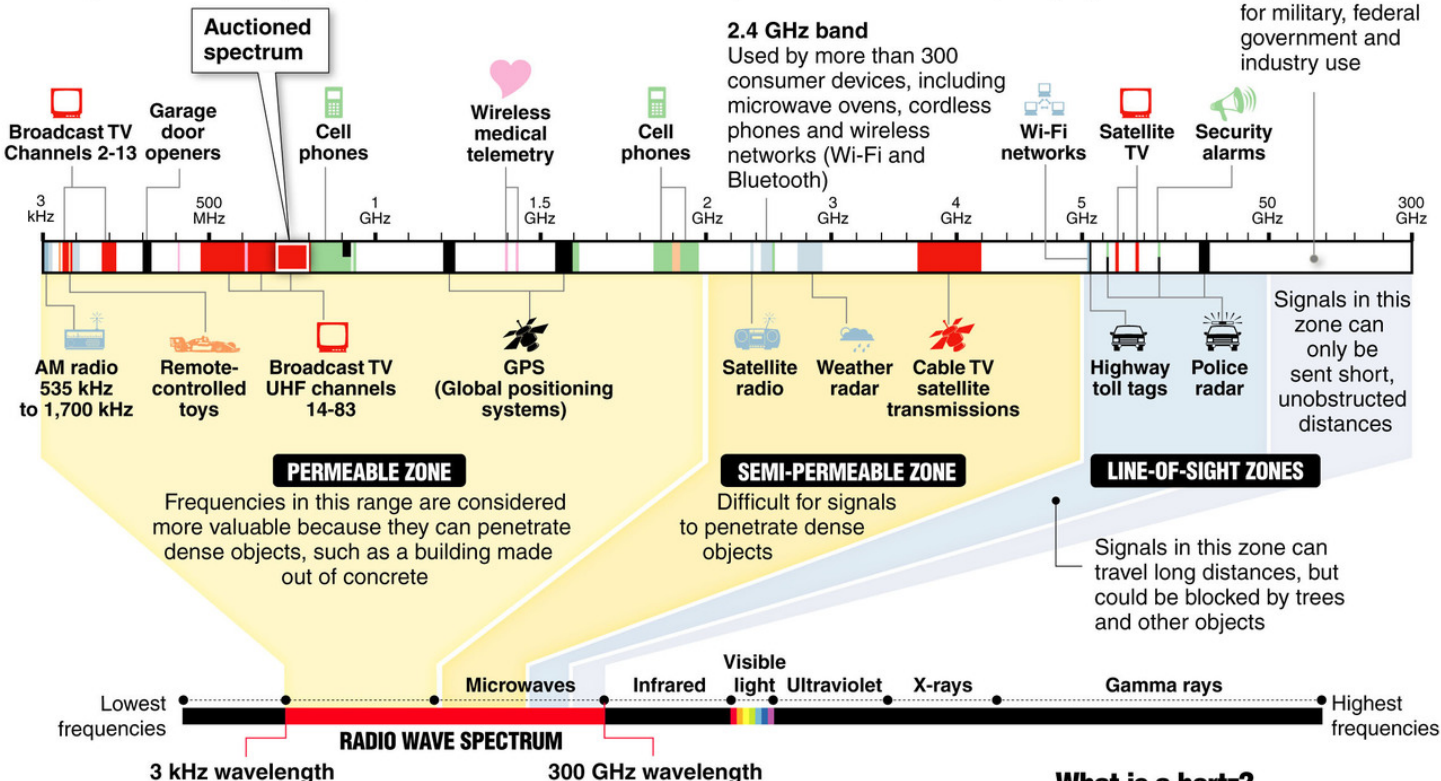
Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- 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

Inside the radio wave spectrum

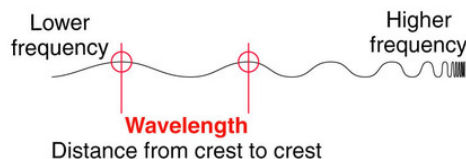
Almost every wireless technology – from cell phones to garage door openers – uses radio waves to communicate. Some services, such as TV and radio broadcasts, have exclusive use of their frequency within a geographic area. But many devices share frequencies, which can cause interference. Examples of radio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



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

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

© 2008 MCT

Redes de Computadores

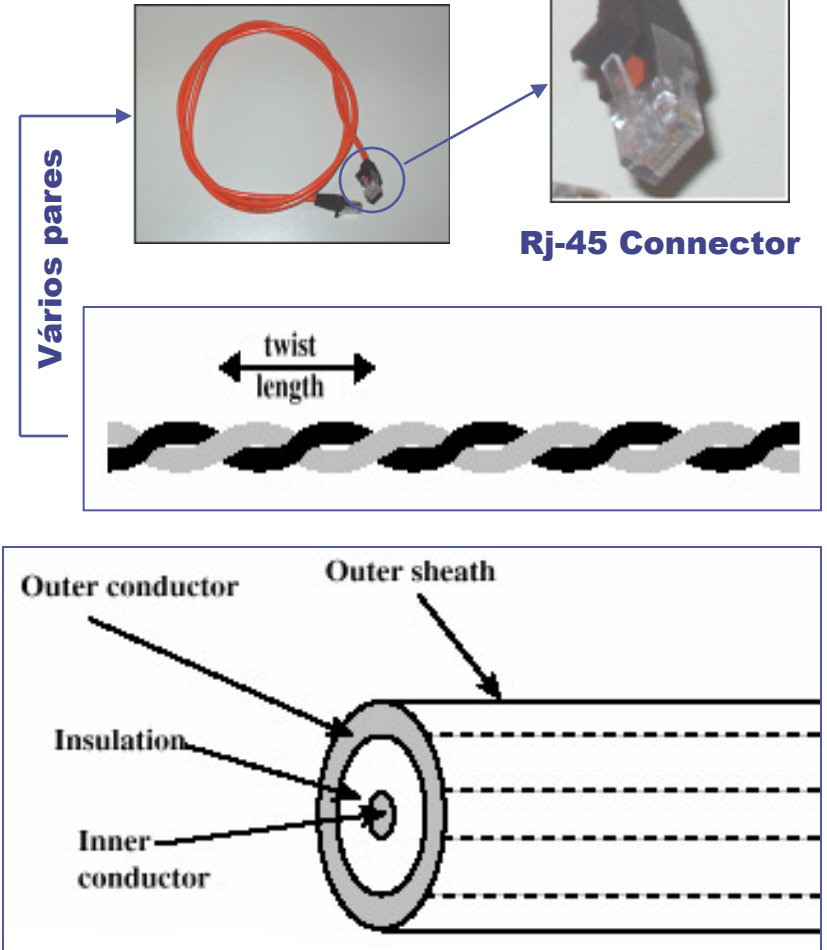
Meios de transmissão guiados

• 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

• Cabo coaxial

- usado: transmissão de tv, redes locais



[DCC,Stallings07]

Redes de Computadores

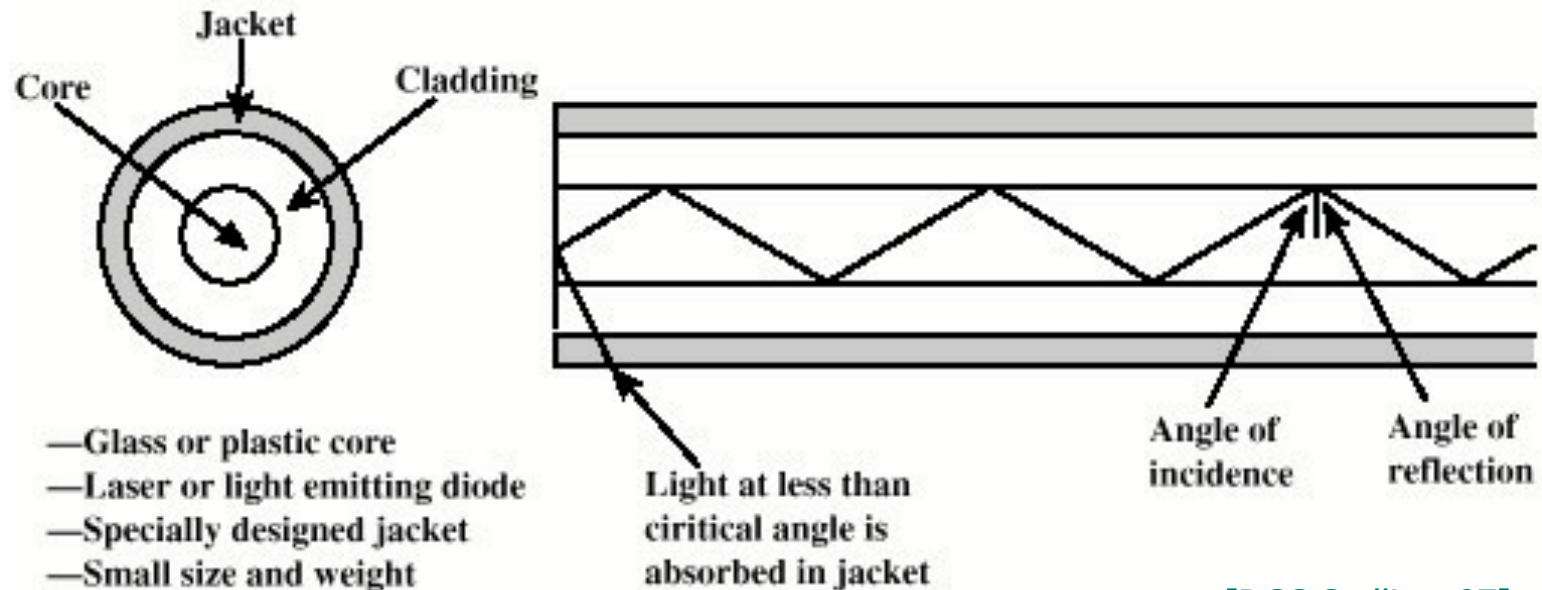
Meios de transmissão guiados



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]

Comunicação de dados

camada física: transmissão

- 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

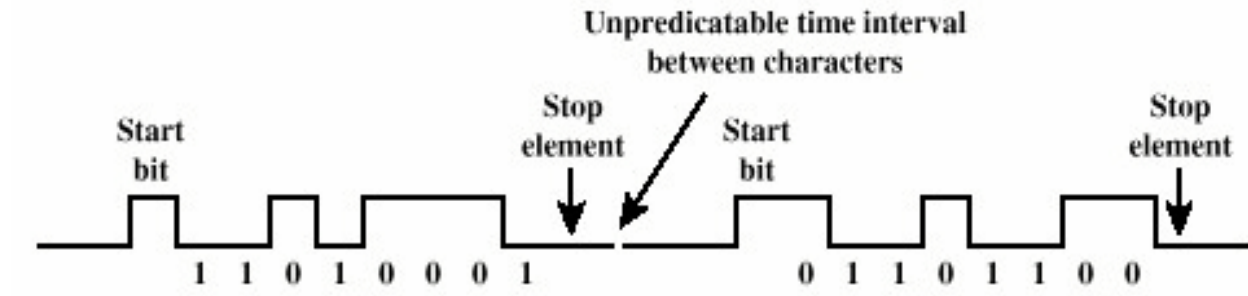
Comunicação de dados

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



Assincronismo entre caracteres

[DCC, Stallings07]

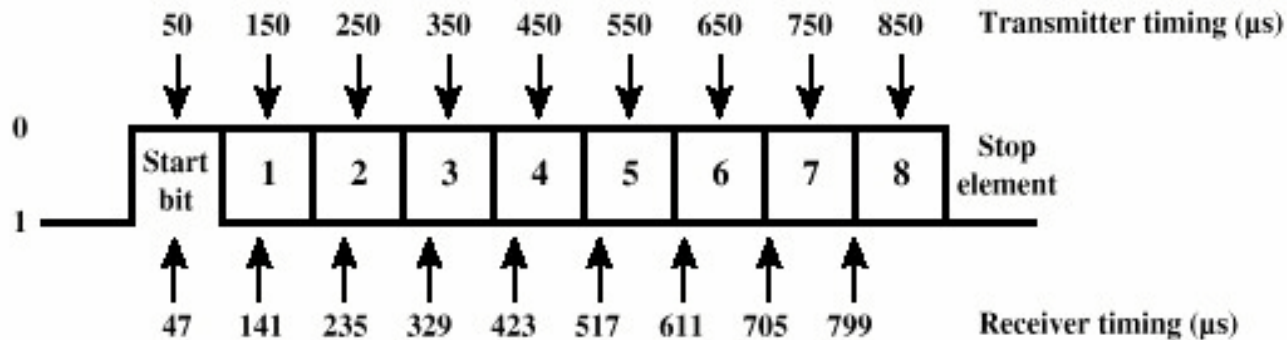
Comunicação de dados

camada física: transmissão assíncrona



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

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



Timing error

[DCC,Stallings07]

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

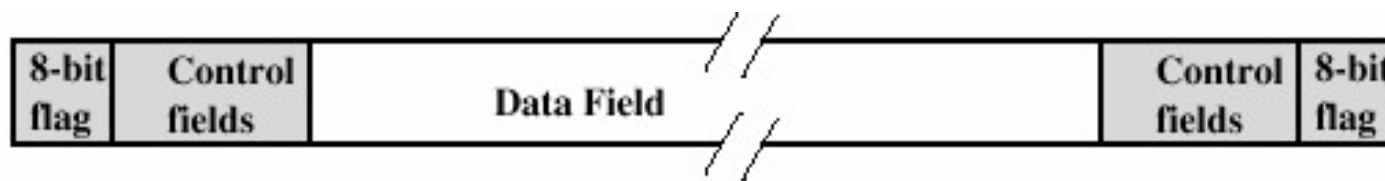


- Usada para transmitir unidades de dados maiores
- Sincronização transmissor (Tx) com receptor (Rx):
 - não são usados *start/stop* bits
 - ou existe um canal separado de sincronização
[chamada *sincronização fora da banda*]
 - ou a sincronização faz-se no canal dos dados
[chamada *sincronização dentro 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

- 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)
 - Detecção 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	@	@	96	60	140	`	`
1	1	001	SOH (start of heading)	33	21	041	!	!	65	41	101	A	A	97	61	141	a	a
2	2	002	STX (start of text)	34	22	042	"	"	66	42	102	B	B	98	62	142	b	b
3	3	003	ETX (end of text)	35	23	043	#	#	67	43	103	C	C	99	63	143	c	c
4	4	004	EOT (end of transmission)	36	24	044	$	\$	68	44	104	D	D	100	64	144	d	d
5	5	005	ENQ (enquiry)	37	25	045	%	%	69	45	105	E	E	101	65	145	e	e
6	6	006	ACK (acknowledge)	38	26	046	&	&	70	46	106	F	F	102	66	146	f	f
7	7	007	BEL (bell)	39	27	047	'	'	71	47	107	G	G	103	67	147	g	g
8	8	010	BS (backspace)	40	28	050	((72	48	110	H	H	104	68	150	h	h
9	9	011	TAB (horizontal tab)	41	29	051))	73	49	111	I	I	105	69	151	i	i
10	A	012	LF (NL line feed, new line)	42	2A	052	*	*	74	4A	112	J	J	106	6A	152	j	j
11	B	013	VT (vertical tab)	43	2B	053	+	+	75	4B	113	K	K	107	6B	153	k	k
12	C	014	FF (NP form feed, new page)	44	2C	054	,	,	76	4C	114	L	L	108	6C	154	l	l
13	D	015	CR (carriage return)	45	2D	055	-	-	77	4D	115	M	M	109	6D	155	m	m
14	E	016	SO (shift out)	46	2E	056	.	.	78	4E	116	N	N	110	6E	156	n	n
15	F	017	SI (shift in)	47	2F	057	/	/	79	4F	117	O	O	111	6F	157	o	o
16	10	020	DLE (data link escape)	48	30	060	0	0	80	50	120	P	P	112	70	160	p	p
17	11	021	DC1 (device control 1)	49	31	061	1	1	81	51	121	Q	Q	113	71	161	q	q
18	12	022	DC2 (device control 2)	50	32	062	2	2	82	52	122	R	R	114	72	162	r	r
19	13	023	DC3 (device control 3)	51	33	063	3	3	83	53	123	S	S	115	73	163	s	s
20	14	024	DC4 (device control 4)	52	34	064	4	4	84	54	124	T	T	116	74	164	t	t
21	15	025	NAK (negative acknowledge)	53	35	065	5	5	85	55	125	U	U	117	75	165	u	u
22	16	026	SYN (synchronous idle)	54	36	066	6	6	86	56	126	V	V	118	76	166	v	v
23	17	027	ETB (end of trans. block)	55	37	067	7	7	87	57	127	W	W	119	77	167	w	w
24	18	030	CAN (cancel)	56	38	070	8	8	88	58	130	X	X	120	78	170	x	x
25	19	031	EM (end of medium)	57	39	071	9	9	89	59	131	Y	Y	121	79	171	y	y
26	1A	032	SUB (substitute)	58	3A	072	:	:	90	5A	132	Z	Z	122	7A	172	z	z
27	1B	033	ESC (escape)	59	3B	073	;	;	91	5B	133	[[123	7B	173	{	{
28	1C	034	FS (file separator)	60	3C	074	<	<	92	5C	134	\	\	124	7C	174	|	
29	1D	035	GS (group separator)	61	3D	075	=	=	93	5D	135]]	125	7D	175	}	}
30	1E	036	RS (record separator)	62	3E	076	>	>	94	5E	136	^	^	126	7E	176	~	~
31	1F	037	US (unit separator)	63	3F	077	?	?	95	5F	137	_	_	127	7F	177		DEL

Source: www.LookupTables.com

- Exemplo de um código de caracteres (ASCII)

Comunicação de dados

detecção de erros

- 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

- 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

- 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

- 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